

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2001-516944

(P2001-516944A)

(43)公表日 平成13年10月2日(2001.10.2)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマート(参考)
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	L 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 J 37/32	5 F 0 4 5
H 0 1 J 37/32		H 0 1 L 21/205	
H 0 1 L 21/205		21/302	B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 73 頁)

(21)出願番号 特願2000-512229(P2000-512229)  
(86)(22)出願日 平成10年9月16日(1998.9.16)  
(85)翻訳文提出日 平成12年3月16日(2000.3.16)  
(86)国際出願番号 PCT/US 98/19122  
(87)国際公開番号 WO 99/14784  
(87)国際公開日 平成11年3月25日(1999.3.25)  
(31)優先権主張番号 08/931,504  
(32)優先日 平成9年9月16日(1997.9.16)  
(33)優先権主張国 米国 (US)  
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I T, LU, MC, NL, PT, SE), IL, JP, K R, SG

(71)出願人 ラム リサーチ コーポレーション  
LAM RESEARCH CORPOR  
ATION  
アメリカ合衆国, カリフォルニア 95038,  
フレモント, クッシング パークウェイ  
4650  
(72)発明者 ジョン・バトリック・ホランド  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州  
95126, サンホセ, カラベラス アベニュー  
1565

(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

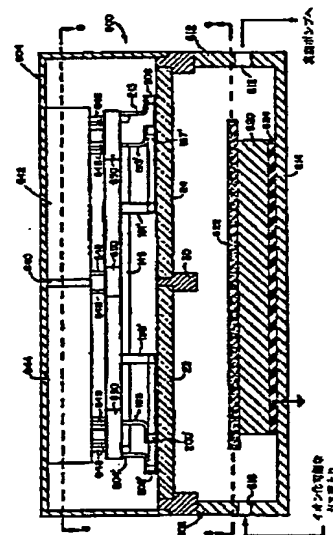
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 導電性セグメントを周辺部分に追加したコイルを有する真空プラズマ・プロセッサ

(57)【要約】

【課題】 生成する磁束密度が、フラット・パネル・ディスプレイなどの、比較的大きな矩形的被加工物上でのプラズマ磁束密度が比較的均一であり、プラズマ磁束密度が被加工物の中心領域および周辺領域にわたって比較的低くなる傾向を逃れるように特に設計されたコイルを有する、新規で、かつ改良された真空プラズマ・プロセッサを提供する。

【解決手段】 被加工物を高周波プラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサは、かなりの磁束密度をプラズマの周辺部分に供給する周辺部分を含むプラズマ励起コイルを有する。周辺部分のセグメントに空間的に隣接しかつそれに電氣的に接続された追加の導電性セグメントは、かなりの磁束密度を有する追加の磁束をこのプラズマ周辺部分に供給する。この追加の導電性セグメントはこのコイルの4つのコーナーのそれぞれにあり、このコーナーを形成するコイル導体セグメントと並列または直列に電氣的に接続される。別の実施の形態では、コイルはいくつかのネスト状の導電性コーナー・セグメントを含む。また別の実施の形態では、このコーナー・セ



**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】** 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波 (RF) 磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

コイルの主要部分から発生した高周波磁場は電磁遮蔽と相互作用し、

この電磁遮蔽は、このコイル高周波磁場をプロセッサに関連付けられた構造に実質的に閉じ込め、かつ主要コイル部分から発生した高周波磁場と相互作用し、

その相互作用は、(a) 主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分で主要コイル部分から発生した高周波磁場と、(b) 主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分の内部に概してあるプラズマの一部分の磁束密度に対する、主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度とを低下させる傾向があるような相互作用であり、

その主要コイル部分の周辺部分は、主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分に追加の量の高周波磁場を供給するための追加のコイル構造を含み、

その供給された追加の量の高周波磁場は、主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させる

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

**【請求項 2】** 前記追加のコイル構造は、主要コイル部分の周辺部分に空間的に隣接しかつそれに並列に電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

**【請求項 3】** 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項 2 に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

**【請求項 4】** 前記主要コイル周辺部分が少なくとも 1 つのコーナーを含み、

前記追加のコイル構造がこのコーナーを形成する主要コイルの導体セグメントに空間的に隣接し且つそれに並列に電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項2に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項5】 前記主要コイル周辺部分が、前記追加の構造と並列に電氣的に接続される少なくとも1つの端部端子と、この端部端子を含みかつこれに隣接するコイル導体セグメントとを含む

ことを特徴とする請求項4に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項6】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項5に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項7】 前記コイルは、このコイルの内部端子と外部端子の間を半径方向および円周方向にそれぞれ延伸する互いに並列に電氣的に接続された複数の巻線を含む

ことを特徴とする請求項6に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項8】 前記コイルが中心点を含み、前記巻線が互いに編み合わされると共にこの中心点に対してほぼ空間的並びに電氣的に対称である

ことを特徴とする請求項7に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項9】 前記巻線の各々は、少なくともいくつかの交差する直線状の導電性セグメントを含む

ことを特徴とする請求項8に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項10】 前記主要コイル周辺部分が、前記追加の構造と並列に電氣的に接続されるコイルの少なくとも1つの端部端子と、この端部端子を含みかつこれに隣接するコイル導体セグメントとを含む

ことを特徴とする請求項2に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項11】 前記追加の構造は、前記主要コイル周辺部分に空間的に隣接しかつそれに直列に電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項1に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項12】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項11に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項13】 前記主要コイル周辺部分は、ほとんど1つのコーナーを形成する端部を有する一対の隣接する非接触の導体セグメントを含み、

前記追加のコイル構造が、ほとんど1つのコーナーを形成する導体セグメントの端部と直列に電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項11に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項14】 前記主要コイル周辺部分は、このコイルの少なくとも1つの周辺端部端子を含み、

前記追加の構造が、この端部端子とこの端部端子に隣接するコイル導体セグメントとの間に直列に電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項13に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項15】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項14に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項16】 前記主要コイル周辺部分が、互いに対してほぼ90度変位させた軸を有する磁場をプラズマに結合させるための隣接する端部を有する一対の隣接する導体セグメントを含み、

前記追加の構造が、隣接する導体セグメントによりこのプラズマに結合された磁場を補助する磁場をこのプラズマ内に確立させるため、この隣接する端部と空間的に隣接し且つ隣接する導体セグメントと電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項1に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項17】 前記隣接する導体セグメントが隣り合って1つのコーナーを形成し、

前記追加の構造が、このコーナーと空間的に隣接し且つこのコーナーを形成する導体セグメントと並列に電氣的接続された導体セグメントを含む

ことを特徴とする請求項16に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項18】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項17に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項19】 前記隣接する導体セグメントが、ほとんど1つのコーナーを形成するように離隔し、前記追加のコイル構造が、このコーナーに空間的に隣接すると共に、ほとんどコーナーを形成する前記隣接する導体セグメントと直列に電氣的に接続される導体セグメントを含む

ことを特徴とする請求項16に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項20】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項19に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項21】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項16に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項22】 前記追加のコイル構造と前記主要コイル部分は、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる間隔を有する

ことを特徴とする請求項1に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項23】 前記コイルが、整合網を介して高周波発生源に接続される内部および外部端子を含む

ことを特徴とする請求項1に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項24】 前記コイルが、並列に接続された複数の巻線を含み、電流が前記整合網とこの複数の巻線の間を前記端子を介して流れるようにした

ことを特徴とする請求項23に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項25】 前記複数の巻線が互いに編み合わされると共にコイルの中心点の周りでほぼ空間的並びに電氣的に実質的に対称である

ことを特徴とする請求項24に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項26】 前記巻線の各々が、前記内部と外部端子の間で半径方向および円周方向に延伸する複数の巻線を含む

ことを特徴とする請求項24に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項27】 前記の巻線のうちの少なくともいくつかが複数の直線状セグメントを含む

ことを特徴とする請求項26に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項28】 前記の巻線のすべてが複数の直線状セグメントを含むことを特徴とする請求項26に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項29】 前記の巻線のすべてが直線状セグメントのみを含むことを特徴とする請求項28に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項30】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは隣接する端部を有する一対の隣接する導体セグメントを含む周辺部分を有し、

その隣接する導体セグメントは、コーナーを形成すると共に、プラズマの周辺部の磁束がコーナーを規定するようにコーナーを形成する長軸を有する磁場をプラズマに結合させ、前記コイルが隣接する導体セグメントにより形成されるコーナーでの磁束密度がプラズマの他の周辺部の磁束密度より実質的に大きくなるように配置されている

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項31】 前記コイルが、前記コーナーの各々に空間的に近接してあり、このコーナーを形成する導体セグメントと並列に電氣的に接続される追加のセグメントを含む

ことを特徴とする請求項30に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項32】 前記並列のセグメントとコーナーが、処理される被加工物の表面と直角の方向にプラズマから異なる離隔を有する

ことを特徴とする請求項31に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項33】 前記コイルは、外部端子を含み、かつ隣接する導体セグメントにより形成される前記コーナーがコイルの周辺に位置し、

前記外部端子はコイルの周辺の位置で一対のコーナーの間のほぼ中間に位置す

る

ことを特徴とする請求項30に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項34】 前記コイル周辺部分は、ほとんど1つのコーナーを形成する端部を有する一対の隣接する非接触の導体セグメントを含み、

前記追加の構造は、ほとんど1つのコーナーを形成する導体セグメントの端部と直列に電氣的に接続され、

前記コイルは、ほとんどコーナーを形成する隣接するセグメントの端部と空間的に近くに位置すると共にほとんどコーナーを形成する隣接する導体セグメントと直列に電氣的に接続される別の追加セグメントを含む

ことを特徴とする請求項30に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項35】 前記別の追加セグメントおよびほとんど端部を形成する隣接するセグメント端部が、処理される被加工物の表面と直角の方向においてプラズマに対して異なる離隔を有する

ことを特徴とする請求項34に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項36】 前記コイル周辺部分は、前記隣接する導体セグメントからなる隣接した複数の対を含む

ことを特徴とする請求項30に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項37】 前記隣接した複数の対をネスト状としたことを特徴とする請求項36に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項38】 前記隣接する導体セグメントが前記コイルのコーナーの位置にあることを特徴とする請求項36に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項39】 前記コイルが、プラズマにかなりの磁束密度を提供するための追加の導体セグメントと、

コイル・コーナーの位置の隣接する導体セグメントとこの追加の導体セグメントとの間に接続され、この追加の導体セグメントあるいは隣接する導体セグメントのいずれかと比べ実質的に低い磁束密度をこのプラズマに提供する別の追加の導体セグメントとを含む

ことを特徴とする請求項38に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項40】 前記コイルは、整合網を介して高周波発生源に接続される内

部端子および外部端子を含む

ことを特徴とする請求項30に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項41】 前記外部端子が互いに正反対の位置にあることを特徴とする請求項40に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項42】 前記コイルが周辺のコーナーを含み、前記外部端子がコイルの周辺の一对のコーナーの位置にある

ことを特徴とする請求項41に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項43】 前記コイルは並列に接続された複数の巻線を含み、電流が前記整合網とこの複数の巻線の間を前記端子を介して流れるようにした

ことを特徴とする請求項41に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項44】 前記複数の巻線が互いに組み合わされると共に、コイルの中心点の周りでほぼ空間的並びに電氣的に対称である

ことを特徴とする請求項43に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項45】 前記巻線の各々が、前記内部と外部端子の間で半径方向および円周方向に延伸する複数の互いに組み合わされた巻線を含む

ことを特徴とする請求項43に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項46】 前記の巻線のうちの少なくともいくつかが複数の直線状セグメントを含む

ことを特徴とする請求項45に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項47】 前記の巻線のすべてが複数の直線状セグメントを含むことを特徴とする請求項45に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項48】 前記の巻線のすべてが直線状セグメントのみを含むことを特徴とする請求項45に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項49】 前記コイルは、主要部と追加の導体セグメントとを含み、その追加の導体セグメントは隣接する導体セグメントにより前記プラズマに結合された磁場を補助する磁場をこのプラズマ内に確立させるため、隣接する端部の空間的に近くに位置し、かつ隣接する導体セグメントと電氣的に接続されている

ことを特徴とする請求項30に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項50】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセ



ッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、それぞれがその高周波磁場の周波数で伝送線効果をもつだけの十分な長さを有する複数の導電性の巻線を含み、定在波高周波電流がこの巻線中でピークを生じ、各巻線が、プラズマに露出する被加工物の面と直角の方向で、このプラズマから異なる離隔を有する異なる部分を有するようにした

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項51】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは周辺部分導電性部分とその他の非周辺導電性部分と、このコイルの周辺部分にのみ電氣的に接続されかつこのコイルの周辺部分に空間的に近接して配置された導体セグメントとを含み、

このコイルの周辺部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場がプラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項52】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバ

と、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、コイルの空間的に異なる部分にありかつ電氣的に直列に接続された第1および第2の導電性部分と、この第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続されかつこの第1の導電性部分に空間的に近接して配置された導体セグメントとを含み、

この第1の導電性部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場がこのプラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている、真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項53】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、ギャップにより互いに離間した空間的に近接した端部を有する第1および第2の導電性セグメントと、この第1および第2の導電性セグメントの端部と直列に電氣的に接続されかつ前記第1の導体セグメントに空間的に近接した第3の導電性セグメントとを含み、

またこの第1および第3の導電性セグメントは、これらにより確立される高周波磁場がプラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項54】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバ

と、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、コイルの空間的に異なる部分にありかつ電氣的に直列に接続された第1および第2の導電性部分を含み、またそのコイルは、この第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続されかつこの第1の導電性部分に空間的に近接して配置された導体セグメントを含み、

この第1の導電性部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場がプラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項5-5】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、ギャップにより互いに離間した空間的に近接した端部を有する第1および第2の導電性セグメントと、

この第1および第2の導電性セグメントの端部と直列に電氣的に接続されかつ前記第1の導体セグメントに空間的に近接した第3の導電性セグメントとを含み、

またこの第1および第3の導電性セグメントは、これらにより確立される高周波磁場がプラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項56】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、多数の巻線をそれぞれ有する中心部分およびその他の部分を含み、この中心部分の巻線はその他の部分の巻線よりも密なピッチを有し、

またこの中心部分およびその他の部分は互いに接続されると共に中心部分から発生した高周波磁場がコイルのその他の部分から発生した高周波磁場と実質的な相互結合をすることなく有効な自己結合を起こすように空間的に配置されている

ことを特徴とする真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項57】 前記コイルは、このコイルの中心部分およびその他の部分内に含まれる並列に接続された複数の多重巻線の巻線を含む

ことを特徴とする請求項56に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項58】 前記巻線の各々が中心点から半径方向および円周方向に延伸することを特徴とする請求項57に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項59】 前記巻線の各々が内部および外部端子を含み、前記複数の巻線が互いに編み合わされている

ことを特徴とする請求項58に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項60】 前記コイルの主要部分から発生した高周波磁場は電磁遮蔽と相互作用し、この電磁遮蔽はこのコイル高周波磁場をプロセッサに関連付けられた構造に実質的に閉じ込め、かつ主要コイル部分から発生した高周波磁場と相互作用し、

その相互作用は、(a) 主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分で主要コイル部分から発生した高周波磁場と、(b) 主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分の内部に概してあるプラズマの一部分の磁束密度に対する、主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度とを低下させる傾向があるような相互作用であり、

その主要コイル部分の周辺部分は、主要コイル部分の周辺部分と概して整合す

るプラズマの一部分に追加の量の高周波磁場を供給するための追加のコイル構造を含み、

その供給された追加の量の高周波磁場は、主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させる

ことを特徴とする請求項56に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項61】 前記コイル周辺部分が隣接する端部を有する一対の隣接する導体セグメントを含み、

その隣接する導体セグメントは、コーナーを形成すると共に前記プラズマの周辺部の磁束がコーナーを規定するようにコーナーを形成する長軸を有する磁場を前記プラズマに結合させ、そのコイルが隣接する導体セグメントにより形成されるコーナーでの磁束密度がプラズマの他の周辺部の磁束密度より実質的に大きくなるように配置されている

ことを特徴とする請求項60に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項62】 前記コイルは、それぞれがその高周波磁場の周波数で伝送線効果をもつだけの十分な長さを有する複数の導電性の巻線を含み、

定在波高周波電流がこの巻線中でピークを生じ、各巻線が前記プラズマに露出する被加工物の面と直角の方向においてプラズマから異なる離隔を有する異なる部分を有するようにした

ことを特徴とする請求項61に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項63】 前記コイルは、このコイルの周辺部分にのみ電氣的に接続され且つこのコイルの周辺部分に空間的に近接して配置された導体セグメントを含み、

このコイルの周辺部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項62に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項64】 前記コイルは、コイルの空間的に異なる部分にありかつ電氣的に直列に接続された第1および第2の導電性部分と、この第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続されかつこの第1の導電性部分に空間的に近接して配置

された導体セグメントとを含み、

この第1の導電性部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項63に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項65】 前記コイルは、ギャップにより互いに離間した空間的に近接した端部を有する第1および第2の導電性セグメントと、この第1および第2の導電性セグメントの端部と直列に電氣的に接続されかつ前記第1の導電性セグメントに空間的に近接した第3の導電性セグメントとを含み、

またこの第1および第3の導電性セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項64に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項66】 被加工物をプラズマで処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、

被加工物をそこに配置するようになされ、被加工物を処理するためにプラズマに変換できるガスをそのチャンバ内に導入するための入口を有する真空チャンバと、

このガスに高周波磁場を結合させこのガスを励起してプラズマ状態にするように配置されたコイルとを備えており、

そのコイルは、コイルの空間的に異なる部分にありかつ電氣的に直列に接続された第1および第2の導電性部分と、この第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続されかつこの第1の導電性部分に空間的に近接して配置された導体セグメントとを含み、

この第1の導電性部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項65に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項67】 前記コイルが、ギャップにより互いに離間した空間的に近接

した端部を有する第1および第2の導電性セグメントと、この第1および第2の導電性セグメントの端部と直列に電氣的に接続されかつ前記第1の導体セグメントに空間的に近接した第3の導電性セグメントとを含み、

またこの第1および第3の導電性セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分内にあり、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項56に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項68】 前記コイルが隣接する端部を有する一対の隣接する導体セグメントを含む周辺部分を有し、

その隣接する導体セグメントは、コーナーを形成すると共に前記プラズマの周辺部の磁束がコーナーを規定するようにコーナーを形成する長軸を有する磁場を前記プラズマに結合させ、前記コイルが隣接する導体セグメントにより形成されるコーナーでの磁束密度がプラズマの他の周辺部の磁束密度より実質的に大きくなるように配置されている

ことを特徴とする請求項56に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項69】 前記コイルが、このコイルの周辺部分にのみ電氣的に接続され且つこのコイルの周辺部分に空間的に近接して配置された導体セグメントを含み、

このコイルの周辺部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項56に記載の真空プラズマ・プロセッサ。

【請求項70】 前記コイルが、コイルの空間的に異なる部分にありかつ電氣的に直列に接続された第1および第2の導電性部分と、この第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続されかつこの第1の導電性部分に空間的に近接して配置された導体セグメントとを含み、

この第1の導電性部分および導体セグメントは、これらにより確立される高周波磁場が前記プラズマの一部分に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置されている

ことを特徴とする請求項56に記載の真空プラズマ・プロセッサ。



**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は一般には、真空プラズマ・プロセッサに関し、より詳細には、プロセッサ・プラズマに増加させた高周波（RF）励起磁場を結合させるための導電性セグメントを有する周辺部分をもつコイルを有するプロセッサに関する。

**【0002】****【従来の技術】**

真空プラズマ処理チャンバ内のイオン化可能なガスに高周波磁場を供給し、このガスを励起してプラズマ状態にするためのさまざまな構造が開発されている。この励起したプラズマは、真空プラズマ処理チャンバ内の被加工物と相互作用し、露出した被加工物の表面から素材をエッチングする、あるいはこの表面上に素材を析出させる。この被加工物は、通常は2次元の円形平面、金属製2次元平面あるいは誘電被加工物を有する半導体ウェハであり、フラット・パネル・ディスプレイ内の場合のように矩形の周辺を有することがある。

**【0003】**

誘導結合型平面プラズマ法（ICP）により被加工物を処理するためのプロセッサが、とりわけ、本発明と同じ譲受人により、オウグル(Ogle)の米国特許第4948458号によって開示されている。磁場は、一般に被加工物の2次元平面と平行な方向に延伸する単一の2次元誘電ウィンドウ上に配置されるか或いはこのウィンドウに隣接して配置されたコイルから生成される。商用のデバイスでは通常、このウィンドウは石英製である。その理由は、石英は素材の不純物が低く、また高周波結合に対して最適な結果をもたらすためである。このコイルは、1から100MHzの範囲の周波数、しかし典型的には13.56MHzの周波数を有する高周波発生源に応答するように接続される。インピーダンス整合網が、このコイルとこの発生源の間に接続され、コイルやプラズマなどの負荷から戻されてこの発生源に結合される高周波反射を最小とする。

**【0004】**

バーンズ(Barnes)らの米国特許第5589737号には、たとえば、矩形のフ

ラット・パネル・ディスプレイを形成する誘電基板など比較的大きな基板を処理するための、高周波プラズマ励起磁場を誘導性に生成するコイルを含むプラズマ・プロセッサを開示している。バーンズ(Barnes)らの特許では、コイルによって生成された高周波磁場は、複数の別々に支持された誘電ウィンドウを介してプラズマに結合する。この第' 737号特許の好ましい実施形態では、こうしたウィンドウ4つを、4つの異なる四半分に位置させている。コイルからこのウィンドウを通りプラズマへの高周波結合を最大とするために、このウィンドウの厚さは、チャンバ内部の真空とチャンバ外部上の大気圧の間の圧力差に耐えられるようにした、この複数のウィンドウに相当すると同じ結合面積を有する単一のウィンドウの厚さより実質的に小さい。

#### 【0005】

この第' 737号特許には、いくつかの異なるコイル構成が開示されている。これらのコイルのいくつかは、整合網を介して高周波励起源と結合する第1と第2の端子の間に、並列に電氣的に接続された複数の巻線セグメントを有する。この第' 737号特許のコイル構成のいくつかは、第1と第2の端子の間の電氣的長さが等しい平行のコイル・セグメントを有する。

#### 【0006】

矩形の周辺を有する比較的大きな2次元フラット・パネル・ディスプレイ表面上で、より均一なプラズマ磁束密度を提供するため、この第' 737号特許で開示されたさまざまなコイル構成は、再設計したコイルの底面図である図1に示したように設計し直した。図1の従来技術によるコイル10は、各々がコイルの中心点16に対して実質的に対称に配置された複数のスパイラル様の巻線を有する2つのスパイラル様で、電氣的に並列な銅製の巻線12および14を含む。

#### 【0007】

巻線12および14は、同一平面上にあり、かつ正方形（各辺が約1.25 cmの長さを有する）の断面をもつ銅製の導体を有し、4つの矩形の石英製ウィンドウ21、22、23および24の上側面の上方にほぼ3 cm離隔した底部エッジを含み、かつ非磁性の金属（好ましくは陽極処理アルミニウム）によって製造された一体の剛体フレーム26により別々に支持される。フレーム26は、互い

に垂直な内部レール28および30が、ウィンドウ21~24の最上同一平面と実質的に同一平面上にあること以外は、この第'737号特許に図示および記載された方式と同様の方式で製造されることが好ましい。コイル10は、バーンス(Barnes)らが第'737号特許で開示したタイプの非鉄金属製(好ましくは陽極処理アルミニウム製)の電磁遮蔽カバーのシーリングから誘電ハンガーにより懸架されている。

#### 【0008】

巻線12および14はそれぞれ、レール28に沿ってコイルの中心点16から等しく離間した内部端子32および34を含む。端子32および34は、電氣的に並列に駆動され、また高周波発生源42に応答するように結合された入力端子を有する整合網40の出力端子38に、金属製のストラップ35およびケーブル36によって結合される。典型的には、ストラップ35は逆U字形をしており、そのU字の第1の脚は巻線12および14と比べウィンドウ21および24から実質的により遠くに離隔され、かつその他の脚はこの第1の脚と端子32および34との間に巡らされている。このストラップ35は図面を単純化するため角度を持たせて表示してある。

#### 【0009】

巻線12および14のそれぞれはまた、互いに正反対のコーナーの位置に、それぞれがキャパシタ48および50を通して接地される端子44および46を含む。また整合網40の出力端子52は接地され、巻線12および14を通して流れる並列な電流のために、キャパシタ48および50を通り整合網の接地端子へ戻る電流経路を提供する。巻線12および14の形状およびキャパシタ48および50の値は、巻線12および14の長さに沿って電氣的に見て端子44および46のやや近接した位置で最大の定在波電流が生ずるように選択される。典型的には、この最大の定在波電流は、レール26の近傍の巻線12および14の各々の最外殻の巻線で生じる。この定在波電流はコイル10の周辺の近くで最大となりコイルの周辺での磁束密度を増加させ、これにより被加工物の周辺に隣接したプラズマ磁束密度が増加する。

#### 【0010】

巻線12および14の各々は、スパイラル様の構成を有し、また上記に言及した同時係属の出願に記載されているように、発生源42の周波数で巻線中に伝送線効果を起こさせるのに十分な長さを有する。巻線12および14の各々のこの構成のことを、多くの場合「正方形あるいは矩形」スパイラルと称する。巻線12および14の各々は2.125ターンの巻線を含み、9つの直線状セグメントを形成する。各巻線は、レール28と平行に延伸する、4つの直線状で金属製の導電性セグメントと、レール30と平行に延伸する5つの直線状で金属製の導電性セグメントとを含みその直線状のセグメントの各々は、その隣接するセグメントとほぼ直角をなして交わる。コイル12の端子32および44は、レール30の一つの側にあり、一方コイル14の端子34および46はレール30のこれと反対の側にある。巻線12および14の巻線ピッチは、端子32、34と44、46の間のコイルの長さの全体にわたって実質的に同じである。

#### 【0011】

図1のコイルは、中心部分、中間部分および周辺部分がそれぞれ2巻線、1巻線、2巻線を有するとして考えることができる。中心部分の巻線は、巻線12に対する直線状で金属製の導電性セグメント61～64と、巻線14に対する直線状で金属製の導電性セグメント71～74とを含む。中間部分の1巻線は、巻線12に対する直線状セグメント75および76と、巻線14に対する直線状セグメント77および78とを含む。中間部分の巻線は、巻線12に対する直線状セグメント81～83と、巻線14に対する直線状セグメント84～86とを含む。

#### 【0012】

図1に示したコイルは従来、550×650mmおよび600×720mmの直線状で、矩形の周辺側面を有する矩形の誘電フラット・パネル・ディスプレイ被加工物をエッチングするためのプラズマを励起するために使用されてきた。こうした被加工物は静電チャック上に固定させて、基板の最上面がウィンドウ21～24の底側内部面からほぼ10cmとなるようにしていた。この従来技術による配置では、コイル10の矩形の周辺は、矩形の被加工物の周辺よりやや大きくしていた。たとえば、従来技術によるある構成では、コイル10の寸法は、この

コイルの周辺の、直線状で互いに垂直なエッジがほぼ650×750mmの寸法であり、かつこのコイルが被加工物の矩形の周辺を超えて、ウィンドウ21～24により規定される矩形のエリアの周辺にまで延伸するようにしていた。

### 【0013】

#### 【発明が解決しようとする課題】

図1に示した構造は、ある状況に対しては満足 of いく機能を果たすが、別の状況では大きな面積をもつ被加工物の全体にわたるプラズマ磁束密度の均一性が所望の値ほど大きくない。図1に示したコイルから得られるフラット・パネル・ディスプレイ被加工物上のプラズマ磁束密度は、2次元の矩形の面に露出した被加工物の中心部分および周辺部分では比較的低くなる傾向を有し、またこの中心部分および周辺部分の間にあたる被加工物の中間部分では比較的大きくなる傾向を有する。したがって、被加工物上のプラズマ磁束密度は、コイルの中間部分の下、すなわち、巻線12および14の各々の第1の巻線の後半分および第2の巻線の前半分の下で最大となる傾向を有し、またコイル10の中心部分および周辺部分の下では最小となる傾向を有する。矩形の被加工物の周辺領域のコーナーの位置でのプラズマ磁束密度の低下の原因は、大部分は、円形の周辺を有するコイル10による励起の結果得られるプラズマのためである。プラズマ生成領域が円形の周辺を有する傾向があるため、コイル・コーナーから除かれた周辺コイル部分の直下の被加工物の周辺領域でのプラズマ磁束密度が、被加工物の周辺コーナー領域でのプラズマ磁束密度と比べ実質的に大きくなる結果となる。処理される被加工物の面の対角線に沿ったプラズマ磁束密度のプロフィールは、完全に均一の場合からほぼ21%のバラツキを有する。コイル10の中心部分および周辺部分の下の基板表面部分上でプラズマ磁束密度が比較的低くなるのは、プラズマ磁束がプラズマの中心からプラズマの中間部分に向けて拡散する傾向を有するからである。同時係属の、同じ譲受人によるHollandらの出願第08/661203号(1996年6月10日提出)に開示されているように、真空プラズマ処理チャンバに関連するコイルの金属製の遮蔽構造のために、コイル10(図1)により生成される磁束がチャンバの周辺からチャンバの中心に向けて移動させられる傾向を有する。

## 【0014】

したがって、本発明の目的の1つは、比較的大きな被加工物の表面上に比較的均一なプラズマ磁束密度を提供するための新規で、かつ改良された真空プラズマ・プロセッサを提供することである。

## 【0015】

本発明の別の目的の1つは、その生成する磁束密度が、フラット・パネル・ディスプレイなどの、比較的大きな矩形の被加工物上でのプラズマ磁束密度が比較的均一であり、プラズマ磁束密度が被加工物の中心領域および周辺領域にわたって比較的低くなる傾向を逃れるように特に設計されたコイルを有する、新規で、かつ改良された真空プラズマ・プロセッサを提供することである。

## 【0016】

本発明のさらに別の目的の1つは、比較的大きな被加工物、特に矩形の周辺を有する被加工物の表面上で比較的均一なプラズマ磁束密度を提供するように特に設計された、新規で、かつ改良された真空プラズマ・プロセッサ用のコイルを提供することである。

## 【0017】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の一態様によれば、被加工物をそこに配置するようになされた通常の真空チャンバを備え、被加工物をプラズマによって処理するための真空プラズマ・プロセッサであって、このチャンバは被加工物を処理するためのプラズマに変換が可能なガスをチャンバ内に導入するための入口を備えている。改良型コイルは、このガスを励起してプラズマ状態にするために高周波磁場がこのガスと結合するように位置決めされる。コイルの主要部分から発生した高周波磁場は、このコイルの高周波磁場をこのプロセッサに関連する構造に実質的に閉じ込め、かつこの主要コイル部分から発生した高周波磁場と次の(a)および(b)を減少させるような様式により相互作用する静電遮蔽と相互作用する。(a) 主要コイル部分の周辺部分と概して整合したプラズマの一部分において主要コイル部分から発生した高周波磁場、および(b) 主要コイル部分の周辺部分と概して整合したプラズマの一部分の概して内部にあるプラズマの一部分の磁束密度を基準とした、

主要コイル部分の周辺部分と概して整合したプラズマの一部分のプラズマ磁束密度。この高周波磁場と、主要コイル部分の周辺部分と概して整合するプラズマの一部分のプラズマ磁束密度とを増加させるため、主要コイル部分の周辺部分は、主要コイル部分の周辺部分と概して整合する、プラズマのこの部分に追加の量の高周波磁場を供給するための追加のコイル構造を含む。

【0018】

本発明の別の態様によれば、このコイルは、隣接する端部を有する一対の隣接する導体セグメントを含む周辺部分を有する。この隣接する導体セグメントはコーナーを形成すると共に、コーナーを形成する長軸を有する磁場をプラズマと結合させ、隣接する導体により形成されたこのコーナーの磁束密度がコイルの他の周辺部の発生させる磁束密度より実質的に高くなるようにする。

【0019】

追加の構造をコイルの周辺部分に追加することにより、それだけ大きな磁束密度が達成されることが好ましい。この追加の構造は、隣接する端部と空間的に隣接し、かつ隣接する導体セグメントと電氣的に接続され、隣接する導体セグメントによってプラズマと結合された磁場の補助となる磁場をプラズマ内に形成する。

。

【0020】

実施の形態のいくつかでは、このコイルは、コーナーと空間的近隣にセグメントを含み、このコーナーを形成する導体セグメントと並列に電氣的に接続されている。他の実施の形態では、コーナーと空間的に近接したこのセグメントは、このコーナーを形成する導体セグメントと直列に電氣的に接続されている。

【0021】

優れたプラズマ密度の均一性を達成する補助となる本発明の特徴は、追加コイル構造および主要コイル部分が、被加工物の処理を受ける表面と直角の方向で、プラズマに対して異なる離隔を有することである。追加コイル構造は主要コイル部分よりプラズマの近くにあることが好ましい。

【0022】

ある実施の形態では、隣接する導体セグメントは、隣り合って1つのコーナー

を形成し、またその追加の構造は、このコーナーと空間的に隣接する導体セグメントを含み、このコーナーを形成する導体セグメントと並列に電氣的に接続されている。他の実施の形態では、その隣接する導体セグメントは、ほぼ1つのコーナーを形成するように離隔され、またその追加の構造は、このコーナーと空間的に隣接する導体セグメントを含み、ほぼこのコーナーを形成する隣接する導体セグメントと直列に電氣的に接続されている。

### 【0023】

本発明の別の一態様では、そのコイルは、その各々が高周波磁場の周波数で伝送線効果を有するのに十分な長さをもつ複数の導電性の巻線を備え、定在波高周波電流がここでピーク値をとり、かつこの巻線の各々はプラズマに露出する被加工物の面と直角の方向に、プラズマからの離隔をさまざまにとった異なる部分を有するようにした。このように複数の平行な巻線と異なる離隔とを組み合わせることにより、プラズマに供給する高周波磁場密度を空間的に調節することができる。各巻線に沿ってこのピークの定在波電流が生ずる位置は、プラズマに最も近い各巻線の部分に近い場合と、この各巻線の部分から遠い場合があり、これは特定の真空チャンバ内のプラズマ磁束密度の状況によって決まる。たとえば、プラズマ磁束の均一性を達成するためには、定在波ピーク電流が異なる巻線で、また各巻線のプラズマに最も近い部分で異なることが通常は望ましい。しかし、他の状況では、最大の定在波電流が各巻線のプラズマに最も近い部分にくることが望ましいことがある。複数の平行な巻線によって、(1) プラズマのさまざまな部分の高周波磁場密度を制御するために、コイルのさまざまな空間部分の位置で複数の最大の定在波電流を提供でき、また(2) プラズマからさまざまな離隔を有する巻線の部分に対して、これらの複数の最大定在波電流を制御することができる。これらの2つの効果により、プラズマのさまざまな部分の高周波磁場密度を実質的に制御でき、また被加工物に入射するプラズマ磁束密度を制御できる。この制御は、空間的に対称なコイル内、たとえば、スパイラル様の構成を有する巻線などの複数の互いに編み合わされた巻線を有するコイル内では向上する。

### 【0024】

本発明の別の一態様では、そのコイルは、周辺およびその他の周辺以外の導電



性セグメントと、このコイルの周辺部分のみに電氣的に接続され、かつこのコイルの周辺部分に空間的に近接して位置する導体セグメントとを備える。このコイルの周辺部分およびこの導体セグメントは、これらにより形成された高周波磁場がプラズマの一部分内に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置する。

#### 【0025】

本発明のさらに別の一態様では、そのコイルは、電氣的に直列に接続された第1および第2の導電性部分を含む。この第1および第2の導電性部分は、このコイル内の空間的に異なる部分に位置する。このコイルは、第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続され、かつ第1の導電性部分の空間的に近隣に配置された導体セグメントを含む。この第1の導電性部分およびこの導体セグメントは、これらにより形成された高周波磁場がプラズマの一部分内に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置する。

#### 【0026】

本発明のさらに別の一態様では、そのコイルは、ギャップにより互いに離間した空間的に近接した端部を有する、第1および第2の導電性セグメントを備える。第3の導電性セグメントが、第1および第2の導電性セグメントの端部と直列に電氣的に接続され、また第1の導電性セグメントの空間的に近隣に位置する。この第1および第3の導電性セグメントは、これらにより形成された高周波磁場がプラズマの一部分内に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置する。

#### 【0027】

本発明のさらに別の一態様では、そのコイルは、電氣的に直列に接続されるが、このコイルの空間的に異なる部分に位置する第1および第2の導電性部分を含む。このコイルは、第1の導電性部分のみと並列に電氣的に接続され、かつ第1の導電性部分と空間的に近隣に位置する導体セグメントを含む。この第1の導電性部分およびこの導体セグメントは、これらにより形成された高周波磁場がプラズマの一部分内に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置する。

## 【0028】

本発明のまたさらに別の一態様では、そのコイルは、ギャップにより互いに離間した空間的に近接した端部を有する第1および第2の導電性セグメントを含む。第3の導電性セグメントが、第1および第2の導電性セグメントの端部と直列に電氣的に接続され、また第1の導電性セグメントの空間的に近隣に位置する。この第1および第3の導電性セグメントは、これらにより形成された高周波磁場がプラズマの一部分内に付加され、このプラズマの一部分でのプラズマ磁束密度を増加させるように配置する。

## 【0029】

本発明のまたさらに別の一態様では、そのコイルは、各々多数の巻線を有する中心および他の部分を含み、その中心部分の巻線はこの他の部分の巻線に比べてピッチがより密である。この中心および他の部分は互いに接続されると共に、中心部分から発生した高周波磁場が、この中心部分から発生した高周波磁場とコイルのその他の部分から発生した高周波磁場との実質的な相互結合を起こさずに、有意に自己結合をするように空間的に配置される。

## 【0030】

本発明に関する以上のおよびその他の目的、特徴、および利点は、本発明のいくつかの特定の実施形態についての以下の詳細な説明を、特に添付の図面と関連づけて取り上げて、考察することにより明らかになるであろう。

## 【0031】

## 【発明の実施の形態】

ここで図2を参照すると、図1の従来技術によるコイルに対し、(1)被加工物上に入射するプラズマ磁束の中間部分に、中心およびコイルの周辺部分に比して実質的に低い磁束密度を結合させるための中間部分および(2)プラズマに磁束を付加するための、追加の金属製導電性セグメントを有する周辺部分、を含むように変更されている。この追加された磁束は、コイルの主要部すなわち追加セグメントを含まないコイルの部分によってプラズマに供給される磁束を補完してプラズマ周辺部分で磁束密度を増加させ、これにより矩形の被加工物の露出面の位置での磁気プラズマ磁束密度がより均一になる。図2では、この追加セグメン

トは、コイルの主要部と並列に接続される。

#### 【0032】

図2のコイル100は、形が同じで、大きさが被加工物よりやや大きい矩形の周辺を有する。各図のプロセッサは矩形の被加工物、好ましくはクロス型フラット・パネル・ディスプレイの処理を行う。コイル100は、非接地のおよび接地された整合網40の出力端子38および52と電氣的に接続され、一方13.56MHzの高周波発生源42に感応する2つの電氣的に並列な巻線102および104を有する。巻線102および104は、コイル100の全体が、その周りに実質的に対角線で対称（したがって正反対の位置）になるような、コイルの中心点16に整合した共通の中心端子106を有する。端子106は、導電性のストラップ（図示しない）により、整合用端子出力端子38に接続されている。巻線102および104は、コイル100の反対の周辺コーナーに、互いに対角線上の位置ある周辺端子108および109を含む。

#### 【0033】

端子108および109はそれぞれ、整合網40の接地された端子52にキャパシタ48および50を介して接続されている。巻線102および104の各々は、この巻線で伝送線効果を起こすように、発生源42の周波数に対応した電氣的な長さを有する。巻線102および104の長さ、並びに発生源42の周波数は、通常、各巻線に沿った距離が発生源の周波数の半波長よりやや小さくなるようにする。キャパシタ48および50の値は、定在波電流のピーク値および最小値が、それぞれ巻線の周辺部分および内部部分で生じるように選択される。実施の一形態では、このピーク定在波電流はほぼ、ウィンドウ21～24を支持するレール30とほぼ整合する巻線102および104の最外殻の巻線の地点で生じる。またこの最小の定在波電流はほぼ、定在波電圧がピーク値となる端子106の位置に生じる。最大の定在波電流は、端子108および109の各々から約3/8周した位置に生じるため、コイル100の主要周辺部分によって比較的大きな磁束密度が被加工物の周辺部分上に入射するプラズマの周辺部分に付与される。

#### 【0034】

コイル110は、(1) 3巻線の中心部分112 (金属製ストラット111および112による電氣的接続先である中心端子106から半径方向および円周方向に延伸する、直線状で金属製の導電性セグメント113~124を含む)、(2) ほぼ1巻線の間部分130 (直線状であって、半径方向および円周方向に延伸する、金属製の導電性セグメント131~134を含む) および(3) ほぼ2巻線の周辺部分140 (直線状であって、半径方向および円周方向に延伸する、金属製の導電性セグメント141~146を含む) を含む。この周辺部分140の巻線は、中間部分130の単一の巻線132に比べ実質的により大きなピッチを有する。一方この中間部分は中心部分110の密なピッチの巻線に比べ、かなり大きなピッチを有する。中間部分130は、実質的に中心部分110から半径方向に変位しているが、半径方向で周辺部分140のやや近傍にある。

---

【0035】

部分110、130および140に対応して同一平面上にある直線状で金属製の導電性セグメント113~124、131~134および141~146の各々は、各辺が1.25 cmである正方形の断面をもつ銅で形成されることが好ましく、またその底部エッジがウィンドウの最上面21~24の上方ほぼ3 cmにあり、処理を受ける2次元の被加工物表面の上方約10 cmに底面をもつように離隔させる。コイル100の巻線は、バーンズ(Barnes)らの特許で開示されたタイプの、非鉄金属製 (好ましくは陽極処理アルミニウム製) のコイル遮蔽カバーのシーリングから誘電ハンガーにより懸架される。この中心コイル部分110の外部端部は、金属製、好ましくは銅製のストラット150および152によって、中間コイル部分120の内部端部と電氣的に接続されている。ストラット111、112、150および152によりウィンドウの下プラズマと結合される磁束の量を最小とするため、これらのストラットは、その第1の脚が部分110、130および140の直線状の導電性セグメント面から認識できる程度に上方の面にあり、下方にぶら下がった2つの脚が第1の脚をコイル100に電氣的および機械的に接続するようにした逆U字形をなす。これらのストラットは、2.5 cmの辺をウィンドウ21~24と平行にした0.3×2.5 cmの断面を有する。

## 【0036】

図2のコイルは、中心および周辺コイル部分110および140の電流密度が、中間コイル部分130の電流密度より大きいように設計される。これにより、中心および周辺コイル部分で発生させる磁束密度が、中間コイル部分で発生させる磁束の密度より大きくなる。結果的に、真空チャンバ内の被加工物に入射するプラズマ磁束密度が、被加工物の中間部分において被加工物の中心および周辺部分より大きくなる傾向が低減される。プラズマは、プラズマの中心部分から離れて拡散しようとする傾向があるため、図1のコイルを含む従来技術によるプロセスの中心部分でのプラズマ磁束密度は、比較的低くなる傾向を有する。従来技術においてプラズマ磁束密度がプラズマ周辺部分で比較的低くなる傾向が生じるのは、従来技術によるコイルが生成するプラズマが、コイルの中心と周辺の間の中間距離のどこかの位置で、リング形の領域内の最大プラズマ磁束密度をとるためである。被加工物の中心の位置で必要とするプラズマ磁束密度を確立するためには、被加工物の最上面と誘電ウィンドウの下面との間の距離は、プラズマの拡散を見込んで十分な大きさでなければならない。このプラズマの拡散によって、被加工物の位置でより均一のプラズマ磁束密度となるようにリング形の領域は均一となる。しかし、被加工物とウィンドウの下面の間の距離が比較的大きいため、大面積の被加工物を処理する場合に効率良く利用することができない。というのは、被加工物とウィンドウの間の距離の増大によって、被加工物の周辺コーナー領域の位置でのプラズマ磁束密度の低下がさらに厳しさを増すからである。図2のコイルは、(1) 中間プラズマ部分と比較して中心プラズマ部分に対してより大きな磁束密度を供給し、(2) 遮蔽構造の影響を少なくとも部分的に克服するため、プラズマの周辺に追加の磁束密度を提供することによって、従来技術に対してプラズマ磁束密度が改善される。この改善結果が得られるのは、とりわけコイル100の中心および周辺部分(110および140)が中間部分130よりも多くの巻線数を有するからである。

## 【0037】

実施の一形態では、この中間部分130の巻線は、この中間部分の巻線の径が、中心部分の外部巻線の外側の径のほぼ2倍となるように、中心部分110の外

部巻線から離隔される。換言すると、この中間部分130の単一の巻線によって、中心部分110の3巻線によって取り囲まれる面積のほぼ4倍の面積が取り囲まれる。この中間部分の単一の巻線は、中心部分110の外側巻線がコイルの中心点から離隔される距離の2倍の距離だけ中心点16から離隔される。この中間部分130の単一の巻線は、周辺部分の巻線同士が図2のコイル内で互いに離隔されている距離とほぼ同じ距離だけ中間部分140の巻線から離隔される。特に、直線状の導体セグメント131～134は、直線状導体セグメント141および144が直線状導体セグメント146および143から離隔されている距離とほぼ同じ距離だけ、直線状の導体セグメント141～145から離隔される。

#### 【0038】

中心コイル部分110がこのように密なピッチをもつこと、およびこの部分が中間コイル部分130からやや遠くに離隔されていることが、比較的低いプラズマ磁束密度が被加工物の中心上に入射される傾向を克服するのに役立つ。中心コイル部分110が密なピッチをもつこと、およびこの部分がコイル100の残りの部分から分離されていることによって、中心コイル部分で発生した磁束が密な自己鎖交を起こし、中心部分10から発生した磁束が集中する（すなわち磁束密度を増加させる）。

#### 【0039】

被加工物の全体にわたって、所望の、実質的に均一なプラズマ磁束密度を実現するため、周辺コイル部分140は図1の従来技術によるコイルに対して修正される。換言すると、図2のコイルの主要部分（導体セグメント113～128、131～134および141～146、並びにストラット111、112、150および152により構成される）は、その周辺に追加の構造が付加され、プラズマの周辺、特にプラズマのうち矩形の処理用チャンバのコーナー近傍の部分での磁束密度が増加する。

#### 【0040】

図2の実施の形態では、周辺コイル部分140は、コイル周辺端子108および109の4つの周辺のコーナーと空間的に隣接した、追加の導電性巻線セグメント161～168を含む。巻線セグメント161～168の奇数番のセグメン

トは巻線102の一部となり巻線102に追加され、一方巻線セグメント161～168の奇数番のセグメントは巻線104の一部となり巻線104に追加される。巻線セグメント161～168は、導体セグメント113～124、131～134および141～146と同一平面上にあり、またコイル100の周辺部分、特に、そのままではプラズマ磁束密度が比較的低い傾向となるコイルのコーナーの位置で追加の高周波電流を流させる。巻線セグメント161～168を流れるこの高周波電流によって、プラズマ処理チャンバのコーナーに磁束が追加される。セグメント161～168により処理用チャンバに追加される磁束によって、主要コイル部分の導体セグメント141～146によりこの処理用チャンバに供給される磁束が、コイルのコーナーの下でのプラズマ磁束密度を増加させるのを補助する。またこれにより、矩形の被加工物および真空チャンバのコーナーの位置でのプラズマ磁束密度の不均一性がかなりの程度克服される。直線状で、交わり合う（90度のコーナーを形成する）導体セグメント141～146によって確立される磁束は、実質的に互いに直角をなす長軸を有し、またコイルと真空チャンバおよび被加工物のコーナーの周りで曲げられている。また、導体セグメント161～168によって確立される磁束は、これらを空間的に隣接させると共に並列に電氣的に接続させている、一般に直線状のセグメント141～146と同一の方向に延伸する軸を有する。

#### 【0041】

図2に示す好ましい実施形態では、追加された、対角線上の位置にあるコイル・セグメント161および162の各々は、4つの、直線状であり、互いに垂直な銅製導体セグメント182～185を含む。コイル・セグメント161の導体セグメント184および185は、直線状セグメント132および141に対して、それぞれ平行に延伸する共に、この直線状セグメントから（同じ距離だけ）外側に位置させる。この際、セグメント184の延伸が、セグメント132と141が交わるコーナーからの距離をセグメント185の場合より小さくなるようにする。セグメント184および185はそれぞれ、スタブ・セグメント182および183によってセグメント132および141に接続される。セグメント162は、直線のセグメント134と144の交点で規定されるコーナーの位置

にあるセグメント161の形状と同一の形状を有する。

#### 【0042】

それぞれ、導体セグメント141および142の交点および導体セグメント144と145の交点により規定されるコーナーの位置にあると共に、これらのコーナーと並列に電氣的接続される巻線セグメント163および164の各々は、セグメント161あるいは162に比べ実質的により大きな面積およびより多い導体数を有する。結果的に、巻線セグメント163および164は、真空プラズマ処理チャンバの壁面の近傍のプラズマ磁束に、巻線セグメント161および162が付加するよりもより大きな磁束密度を付加する。巻線セグメント163は、それぞれが導体セグメント142の外側および内側に位置し、平行に延伸して導体セグメント142に到る2つの電氣的に並列で空間的に平行な導体セグメント187および188を含む。セグメント187は、外側に位置し延伸して導体セグメント141に到る導体セグメント189と直列に接続される。セグメント187および189は、セグメント188の長さをやや上回るほぼ同じ長さを有する。主要コイルの導体セグメント141および142から並列な導体セグメント187～189への電氣的に並列な接続は、導体セグメント141、142および187～189と直角に延伸し、これらを物理的に接続されるためのスタブ導体セグメント191～193により確立される。コーナー巻線セグメント163と同一に製作されたコーナー巻線セグメント164は、セグメント163と正反対の位置にあり、直線状の導体セグメント144および145と、これらセグメントが形成するコーナーの位置で交わる。

#### 【0043】

それぞれが導体セグメント142と143の交点並びにコーナー・セグメント145と146の交点により規定されるコーナーの位置にあると共に、これらのセグメントと電氣的に並列に接続される、追加の、対角線上の位置にある巻線セグメント165および166の各々は、導体セグメント198、200、204および206を含む。セグメント198、200、202および204は、これらに対応するコーナーのやや外側で平行な電流路を提供する。コーナーから遠方の導体セグメント198の端部は、巻線セグメント162の対応する導体セグメ



ント183と比べ、中心レール30のより近くにあり、真空プラズマ処理チャンバの壁面の近傍の磁束密度をさらに増加させる。

【0044】

巻線セグメント167および168は、それぞれ端部端子109および108を設ける対角線上に位置する周辺コーナーの位置にあり、これらのコーナーと並列に電氣的に接続されており、それぞれが、導体セグメント143および146と平行に延伸し、これらのやや外側にある横長の導体セグメント208および209を含む。セグメント208および209は、それぞれスタブ状で直線の導体セグメント212および213によって、導体セグメント143および146に接続される。セグメント167および168の磁束は、セグメント143および146の磁束を補助し周辺プラズマ磁束密度を増加させる。

【0045】

追加した周辺巻線セグメント163～168、すなわち導体187、187'、200、200'、202、202'、208および209の外側導体の各々の外側の辺は、ウィンドウ21～24の外側のエッジからややセットバック (set back) させてあり、これらの導体から発生した磁束が効果的にプラズマに加えられるようにしている。(図2～4では、記載の中で特に取り上げていない周辺巻線セグメントにprime記号(')を付加したこと以外は、反対側の周辺巻線セグメントの対応する部分も同じ参照番号を付してある。) セグメント161～168を流れる電流によってできる磁束は、コイルの主要部内を流れる電流によってできる磁束に追加される。追加された磁束により、真空プラズマ処理チャンバの周辺、特にチャンバのコーナーの位置の磁束が増加し、被加工物の周辺部分プラズマ磁束密度を増加させ、被加工物上に入射するプラズマ磁束密度が図1の従来技術の場合に比べより均一となる。

【0046】

図3に示したコイルにより、図2のコイルにより達成したものに比べ、より優れたプラズマ密度の均一性が達成されることが分かっている。図3のコイルでは、中間コイル部分130は、金属製の導電性のストラット150および152、並びに導体131および133を、金属製の導電性のストラット220および2

22並びにコイルの直線状の導電性部分224および226に置き換えることによって、図2の実施の形態に対して変更がなされている。導電性部分224および226は、図2および3のコイルの導体の残りの部分と同一の断面寸法を有し、また図3のコイルの導体の残りの部分と同一平面上にある。ストラット220および222は、ストラット150および152と同じ寸法並びに同じ幾何学的方向を有しており、逆U字形に形成されている。これにより、ストラット220および222によりプラズマに付加される磁束は無視しうる量である。

#### 【0047】

導電性のセグメント224および226は、それぞれ導線性のセグメント132および134から内方に、レール30に平行に延伸する。導電性のセグメント224および226のそれぞれの長さは、導線性のセグメント132および134のレール28からの離隔の半分未満である。これにより、導電性のセグメント224および226の各々の、導線性のセグメント132および134から遠方の端部は、内部のコイル部分110の外部巻線の実質的に外側に位置する。ストラット220および222は、内部コイル部分110の端部端子から、それぞれコイル部分224および226のコイル・セグメント132および134から遠方の端部まで延伸する。

#### 【0048】

図2と図3のコイルの間の上で述べた違いによって、図3のコイルは図2の実施の形態に比べ、中心コイル部分110により確立された磁束を分離させる程度がより大きい。この結果、図3の実施の形態の方が図2のコイルの場合に比べ中心磁束密度がより大きい。さらに、図3のコイルの中間部分の磁束密度は、図2のコイルに比べより小さい。図2および3のコイルが周辺コア(core)部分140で発生させる磁束のパターンは、実質的に同じである。これらの要因のすべてによって、図3のコイルが励起させるプラズマ磁束密度は、図2のコイルが励起させるプラズマ磁束密度に比べより均一となる。

#### 【0049】

図4、4Aおよび4Bに示す別の実施の形態によれば、図3のコイルは、(1)導電性部分224および226を除去し、(2)追加した周辺の並列コイル・

セグメント161～168を残りの導電性コイル・セグメントに比べてプラズマのより近傍に位置させるように変更されている。

#### 【0050】

図4のコイルでは、中間コイル部分130を、導体132および134のほぼ半分のみを含むように変更する。すなわち、コイル部分130が、導体132のレール30の右寄りの部分のみと、導体134のレール30の左寄りの部分のみとを含むように変更する（図4参照）。図4では、図3の導電性部分224および226は完全に除去され、また導体132および134の端部は金属製の逆U字形ストラット230および232によって中心コイル部分110の端部端子と電氣的に接続される。ストラット230および232は、ストラット230および232がコイル中心部分110の導体セグメント132および134の端部に直接接続されていること以外は、ストラット220および222と極めて類似している。結果的に、プラズマの中間部分の磁束密度は、図1～3のコイルと比べ、図4のコイルの方がより小さい。

#### 【0051】

図4のコイルでは、平行の周辺セグメント161～168は、コイルの主要部の導電性セグメント113～124、132、134および141～146と同一平面上にない。しかしながら、これらの平行な周辺コイル・セグメントにより、ウィンドウ21～24の最上面までの距離が、コイルの主要部の導電性セグメントに比べより近傍となる結果、最大量の磁束をプラズマに供給する、平行な周辺セグメントのこの部分は、プラズマのより近傍になる。図4のコイルの平行な周辺セグメント161～168の各々は、ウィンドウ21～24の面の近傍に、直線状の導体セグメントを含む。異なる面内の導電性セグメントは、ストラット230および232と同じ断面寸法を有する金属製ストラップにより、機械的かつ電氣的に互いに接続される。図4Aおよび4Bに示すように、この金属製ストラップは、コイルの主要面内の導体セグメントから下方に延伸し、そこから平行なセグメント161～168の導体セグメントまで水平に延伸する。

#### 【0052】

図4のコイルでは、平行な導電性セグメント184、185、184'、18

5'、187、188、189、187'、188'、189'、200、202、200'、202'、208および209の底面は、誘電ウィンドウの上側面21~24の近傍にある。ウィンドウ21~24の近傍にあるこれらの導電性セグメントは、ウィンドウ21~24の面まで平行でありかつこれらの面と直角に延伸する金属製ストラップ182、183、182'、183'、191、192、193、191'、192'、193'、198、204、198'、204'、206、207、206'、207'、212、213、212'および213'によって、適宜、導電性セグメント141~146に機械的および電気的に接続される。

#### 【0053】

ウィンドウ21~24の近傍の導電性セグメント184、185、184'、185'、187、188、189、187'、188'、189'、200、202、200'、202'、208および209は、プラズマの周辺に隣接するため、これらの導電性セグメントは、図2および3による同一平面上の平行な周辺セグメントで達成されるよりも、より大きな高周波励起パワーをプラズマ・コーナーに結合させる。高周波励起が増加する理由は、図2および3による同一平面上の平行な周辺導電性のセグメントよりも、ウィンドウ21~24の近傍の導電性セグメントがより接近する結果として磁場密度が増加するためである。さらに、図4の平行の導電性セグメントがより接近することにより、コイル高周波磁場のプラズマへの有効な静電結合、すなわち、容量性結合が可能になるからである。図2および3のコイルでは、コイルのすべての部分からプラズマへの静電結合の量は、プラズマとコイルの間が実質的に分離されるため極めて小さい。これらの効果のため、プラズマが図4のコイルに感応したとき、プラズマ周辺のプラズマ磁束密度が、図1~3のコイルに比べ認識できる程度に増加する。

#### 【0054】

ここで図5を参照すると、それぞれがシリコンで均一にコーティングされた露出表面を有する扁平で円形の被加工物より得たシリコンのエッチング速度（単位：オンGSTローム毎分）のプロットを含む。これら被加工物は、図6~8に関連して以下に記載する矩形の形状を有するプラズマ処理チャンバの対角線に沿っ

て配置させた。エッチング速度は、プラズマ磁束密度と直接依存するため、エッチング速度の計測値はプラズマ磁束密度と直接の相関をもつ。エッチング速度のプロットは次のものに関するものである。(1) 図1の従来技術によるコイル(プロット260) (2) 図1に示した中心、中間および周辺部分を有し、図2の周辺平行コイル・セグメントと組み合わせたコイル(プロット262) (3) 図2のコイル(プロット264) (4) 図3のコイル(プロット266) および (5) 図4のコイル(プロット268)。プロット260~266は、可能な限り、かつ実地の見地からして同じ条件で稼働させたプラズマ処理チャンバより得たものである。図5では、エッチング速度をY軸に沿って示し、一方、被加工物の表面の対角線に沿った距離をX軸方向で示す。対角線に沿った、被加工物の中心および周辺のコーナーは、それぞれX軸方向の参照番号「2」および「15」で示す。図5に表された計測値により、プロット260、262、264、266および268に対するコイルは、プラズマ磁束密度が均一性から、それぞれ21.5%、18.9%、17.9%、1.47%および13.0%だけのバラツキをもつことを示している。

#### 【0055】

図5により、被加工物の半径方向の位置の関数としてのプラズマ磁束密度に関して、いくつかの興味あるデータが提供される。プロット260で表された、従来技術のコイルによりエッチングする場合、被加工物の中心位置で、ほぼ1825オングストローム毎分の最小のエッチング速度となる。しかし、プロット262~268に対しては、X軸に沿った「3」の点、すなわち、被加工物の中心から変位した点で最小値となる。プロット262~268で示すように対称性がなくなる理由は、おそらく図2~4のコイルから発生した磁束密度が、導体セグメント188および188'が追加された結果、完全に対称でないためである。プロット268で示す、被加工物の中心におけるプラズマ磁束密度のこの最小値は、プロット262~266のいずれの中心エッチング速度よりも実質的に大きい。図4の構造により、中間および周辺コイル部分130および140に比べ、中心コイル部分110でより大きな磁束の分離がもたらされるため、プラズマの中心部の磁束が実質的に増加することは明らかである。図2および3のコイルに比

べ、図4のコイルでより大きな磁束の分離が生じるのは、(1) 中間部分130の導電性セグメントの長さが、図1～3より図4の方が短いことおよび(2) 周辺部分140のかなりの部分(すなわち、導電性セグメント184、185、184'、185'、187、188、189、187'、188'、189'、200、202、200'、202'、208および209)が、図2および3より図4の方が部分110より遠くにあることによる。追加された平行の導電性セグメントを主要コイルの面からウィンドウ21～24の上側面に移動させることにより、周辺部のエッチング速度が認識できる程度に増加する。たとえば、図3および4のコイルに対するプロット266および268のコーナーの位置でのエッチング速度は、エッジ点15の位置でそれぞれほぼ2275および2315オングストローム毎分であり、コイルの中心点16からコイルの外部コーナーまでの途中の約92%の位置である点14の位置でそれぞれほぼ2475および2550オングストローム毎分である。図5のX軸方向の参照番号6と12の間の、被加工物中間部分でのエッチング速度は、プロット266および268で示すように、図3および4のコイルに対して事実上同一である。プロット266および268によって示すエッチング速度は、図2のコイル(プロット264)およびプロット262で示す図示しないコイルに対するエッチング速度よりも、被加工物の中間部分で実質的に大きい。したがって、図2のコイル、図示しないコイルおよび従来技術に対して、図3および4のコイルはより優れたエッチング速度の均一性を有しているにもかかわらず、図3および4のコイルでは、図2の実施の形態および図示しない実施の形態で達成される密度と比べ、より大きなプラズマ磁束密度が達成される。

#### 【0056】

図5Aおよび5Bは、シリコンで均一にコーティングされた2つのガラス製の600×720mmフラット・パネル・ディスプレイ基板が、それぞれ図1および4のコイルを含む真空チャンバ内にあるという、実現しうる限り同一の条件下で得た、毎分のオングストローム単位で示すシリコンのエッチング速度のプロットである。エッチング速度は、パネル上で等間隔に取ったマトリクスの各点で計測した。パネルのエッジに隣接する計測は、これらのエッジから15mmの位置

で行った。均一からのバラツキは、ほとんど100%低下し、従来技術に対する21%から図4のコイルに対する11%となった。平均エッチング速度の低下は、図1のコイルのプラズマによる場合と比べ、図4のコイルのプラズマによる負荷(loading)の方がより均等であるためである。図1のコイルに比べ発生する磁束がかなり低い図4コイルの中間部分の下で、エッチング速度はかなり低下する。これに関しては、図1のコイルから得られたエッチング速度の値、1989、1904、2071、2023、2033、2028、2031、1899、1831、1909、2065および2000が、図4のコイルを用いた場合それぞれ、1700、1629、1595、1578、1755、1668、1765、1710、1712、1645、1724および1611と大きく減少している。

#### 【0057】

ここで図6、7および8を参照すると、図4のコイルは、真空チャンバ602と、好ましくは陽極処理アルミニウムにより形成された静電遮蔽カバー604とを含む真空プロセッサ600内に收容されているとして図示してある。真空チャンバ602の外部は、ウィンドウ21~24と、レール28および30と、陽極処理されたアルミニウム製側壁610と、陽極処理アルミニウム製フロア614とにより規定される。側壁610は、それぞれがイオン化可能なガス源と真空ポンプ(いずれも図示せず)に接続されたポート616および618を含む。この真空ポンプはチャンバ602内に適当な真空状態を確立し、これによりポート616を通して流れるイオン化可能なガスを図4のコイルから発生した電磁場によって励起して励起プラズマ状態にすることが可能となる。チャンバ602およびカバー604は、互いに機械的かつ電氣的に接続され、また適当な接点によって接地電位と接続され、かつコイルから発生した電磁場を閉じ込めるための遮蔽を提供する。この遮蔽は、コイルから発生した高周波磁場密度を弱め、この遮蔽の近傍にある電磁場が、プラズマ・プロセッサの中心に向かう電磁場よりもかなり小さくなる。

#### 【0058】

真空処理チャンバ602内には、被加工物622が処理されている間被加工物

をしかるべき位置に保持する静電チャック620を設置する。プロセッサの好ましい使用法の一つでは、基板622は静電ディスプレイ・パネル用の矩形のガラス製基板である。静電チャック620は、金属製カバー604、壁面610およびフロア614の接地電位から、電気絶縁性のシート624によって電氣的に絶縁されている。クランピング用電位として、適当な電源からのDC電圧（図示しない）を、整合網を介して静電チャックおよび被加工物622に高周波バイアスをかける高周波発生源（図示しない）にも接続される静電チャック620に印加する。さらに、被加工物622の背面は、チャック620内に溝を設けることにより冷却させることが好ましい。好ましい構成では、イオン化可能なガスは、ウィンドウ21～24上に装着したプレナムまたはマニホールドにより真空チャンバ602の内部に導入される。また、こうした構造は当業者のよく知るところであるので、表示を簡略化するため、このプレナムまたはマニホールドは図示していない。

#### 【0059】

チャンバ602およびカバー604は、プロセッサ600を正平行六面体として構成し矩形のガラス製フラット・パネル・ディスプレイ被加工物622を収容できるように製作される。しかし、このプロセッサ600の周辺は、被加工物がこれ以外の周辺構成を有する場合には、このプロセッサの周辺の大きさおよび形状が被加工物の周辺と同じになるように変更されることを理解すべきである。

#### 【0060】

図6および8に図示したように、基板622の周辺は図4のコイルの周辺よりやや小さい。また図4のコイルの周辺はウィンドウ21～24の組み合わせられた周辺よりやや小さい。このプロセッサおよび基板622を、この基板の周辺がチャンバ602の内部により定まる矩形のエリアよりほんの僅かだけ小さい寸法とすることによって、大面積の被加工物の位置で十分なプラズマ磁束を発生させる効率が、図1の従来技術より改善され、図4のコイルおよびバイアス用のチャック620を付勢する高周波発生源のパワー要件を比較的低いレベルに維持することが可能となる。実施の一形態では、高周波発生源42は5kWの出力パワーを有する。



## 【0061】

図8に図示したように、キャパシタ48および50は、ウィンドウ21～24の上側面およびカバー604の最上部の間の体積内に、その円形の断面がこれらのウィンドウと平行になるように装着される。キャパシタ48および50は、ウィンドウの21～24の上側面と平行な面内で、共にレール28に平行に延伸する銅製ストラット630および632によって図4のコイルの出力端子108および109に接続される。

## 【0062】

図7および8に示すように、図4のコイルは、カバー604のシーリングから懸架される電気絶縁用の横長のバー640、642および644を含む構造により支持される。図4のコイルの主要部分は、電気絶縁用の、鉛直に延伸する支持ポスト648によってバー640、642および644と機械的に接続され、一方この支持ポストは水平に延伸する電氣的に絶縁されたコイル支持プレート648および650と機械的に接続されている。プレート650はこのコイルの周辺部分を支持し、また中心コイル部分110は中心ポスト646により支持される。

## 【0063】

図7に示すように、コイルの周辺コーナー・セグメントの底面は、ウィンドウ21～24の最上面からやや離隔している。図7では、コイル・セグメント189および209は、ウィンドウ21の上側面の直近にあるとして図示しており、それぞれ湾曲したストラット193および206'によりコイル・セグメント141および146に接続される。また、コイル・セグメント141および146は、コイル支持面650の底面から懸架されているとして図示している。好ましい実施の一形態では、セグメント189および209の底面は、ウィンドウ21の最上面からほぼ0.56cmだけ鉛直に離隔され、また主要コイル・セグメント141および192の底面は、周辺コイル・セグメント189および209の底面から約2.2cm鉛直に離隔されている。

## 【0064】

本発明による別のコイルの底面図を図9に示す。図9のコイルでは、コイルの

主要部、図2～4の実施の形態によるコイルの主要部分とある点では同じであるが、これに対して、コイルの主要部の周辺部分にコーナーと直列に接続された周辺セグメントが追加されている。このコーナーは、互いに実質的に直角である導電性セグメントによって形成される。これらは、ほとんど交わり程であるが非接触の隣接する端部を有する。コイルの周辺部分内の追加の直列導体セグメントは、その中を、空間的に隣接する導電性エレメントと同じ空間的方向の電流が流れ、これら追加した導電性セグメントによりプラズマと結合させた磁束をコイルの主要部分から発生した磁束に付加する。

#### 【0065】

図9のコイルは、対応する図4のコイルの中心および中間部分と同一である中心および中間部分110および130を含む。図8に示すコイルの周辺部分140は、しかし、図2～4の実施の形態のコイルとかなり異なる。周辺部分140の主要部分は、それぞれがレール28と平行な直線状の導電性セグメント270、272、274および276、並びにそれぞれがレール30と平行な直線状の導電性セグメント280、282、284および286を含む。

#### 【0066】

直線状の導電性セグメント270～276および280～286はいずれも、直接接触していない。むしろ、4つの内部コーナー291～294、並びにセグメント270～276および280～286の一对の隣接するセグメントにより形成される2つの外部コーナー295および296のそれぞれの位置にギャップがある。一对の互いに垂直な補完の、直線状セグメントは、コイル・セグメント270～276および280～286の隣接しない端部に接続されている。この補完コイル・セグメントは、追加の磁束をプラズマ周辺に供給する。図9では、追加した直列に接続したセグメントが、中心および中間コイル部分110および130の直線状セグメント、並びに主要コイル部分の周辺部分の直線状セグメント260～276および280～286と同一平面上にあるように図示してある。しかし、この補完部分は、このコイルの残りの部分よりプラズマに近くできる。たとえば、この補完の直線状導体は、主要コイル部分導電性セグメント270～276および280～286に比べ、このウィンドウのかなり近傍にあるため

、ウィンドウ21～24の上側面のやや上方に位置することになる。この補完導体を導線性セグメント270～276および280～286の端部に接続させる導体内の磁束と結合しないようにするため、この補完導電性セグメントは、先に図2～4の導電性ストラットに対して検討したのと寸法的および位置的に同じ特性を有する金属製で導電性のストラット310により、コイルの主要周辺部の導電性セグメントのこれらの端部に接続されている。

#### 【0067】

特に、直線状導体セグメント270、272、274、276、280、282、284および286がほとんど交わる程であるが完全には交わっていない、このコーナー291～296は、対角線方向に延伸にする金属製ストラット310により、それぞれ追加の導体セグメント301～306に接続されている。追加した導電性セグメント301～306の各々は、それぞれがレール28および30と平行に延伸する2つの直線状で交わっている導電性エレメント312および314を含む。補完の導電性部分301～306の各々の導電性エレメント312および314は、ある特定の追加セグメントの隣の、コイルの主要部分の相互に直交する直線状の導体セグメントの突出部により規定されるギャップ内の「コーナー」と実質的に整合する点で交わる。導電性のエレメント312および314は、コイルの主要部分の導電性セグメントに空間的に近接しており、コイルの主要部のこれら直線状の導電性セグメントと直列に電氣的に接続されている。導体312および314の空間的配置、並びに主要コイル部分の直線状の導電性セグメントの空間的配置は、エレメント312および314内の電流が、導電性のエレメント312および314のこの特定の対が隣接している導電性セグメント270、272、274、276、280、282、284および286の部分を通る電流と同一の方向に流れるようにする。これにより、導電性のエレメント312および314並びに導電性セグメント270～276および280～286を通る電流のために生じる磁束が、プラズマの周辺部分に付加され、図1の従来技術の場合に比べプラズマ周辺でのプラズマ磁束密度が増加する。

#### 【0068】

ストラット310内の電流は、エレメント310および312内を流れる電流

の方向と反対方向に流れ、また、この特定のストラットに最も接近させて離間した主要コア (core) 導電性セグメント270~276および280~286内を流れる電流の方向とも反対方向に流れる。ストラット310内を流れる電流による磁束が、プラズマの周辺の磁束密度およびプラズマ磁束密度に著しい悪影響を及ぼすことを防ぐため、ストラット310の上側脚は、先に検討したように、エレメント312および314から実質的に変位させる。図9に示す具体的な実施の形態では、導電性エレメント312および314は、コイルの主要部の導電性セグメントと同一平面上にあるが、エレメント312および314をウィンドウ21~24の面にほとんど隣接させること、すなわちコイルの主要部の導電性セグメントと比べてプラズマにより接近するように位置させることも可能であることを理解すべきである。

#### 【0069】

図9のコイルは、コイルの主要部分と出力端子108および109との間に、ストラット310と同一のストラット319により接続された、直列な直線状の追加の金属製導電性エレメント316および318（レール30に平行に延伸する）を有する。エレメント316の反対側の端部は、端子108には直接接続され、また付加コーナー・セグメント304に隣接する導体284の一端部へはストラット319により接続されている。一方エレメント318の反対側の端部は、端子109には直接接続され、また追加のコーナー・セグメント304に隣接する導体286の一端部へはストラット319により接続されている。ストラット319は、逆U字形を有し、面21および24と平行に延伸するU字の脚がコイルの主要部の導電性セグメントに比べてプラズマから実質的に遠くに位置するように配置されている。エレメント316および導体284による磁束は端子108に隣接するコイル・コーナーの位置で付加され、またエレメント318および導体286による磁束は端子109に隣接するコイル・コーナーの位置で付加される。ストラット309内を流れる電流による磁束のバックリング効果は無視できる程度である。

#### 【0070】

ここで図10を参照すると、図4に示したコイルの別の変更例である。図10

のコイルでは、プラズマの周辺のコーナーでの磁束密度およびプラズマ磁束密度は、コイルの周辺部分が、コイルの4つの周辺コーナーのそれぞれに位置する補完の導体セグメント321~324を含むように変更することにより、図1の従来技術と比較して実質的に増加する。補完の周辺コーナー・コイル・セグメント321~324の各々は、4つの直線状の導体エレメント331~334を含み、そのエレメント331および333はレール28と平行に延伸し、またそのエレメント332および334はレール30と平行に延伸する。エレメント331および333は、コイルの周辺部内のコーナー335の位置で交わり、またエレメント332および334はコイルの周辺のコーナーでコーナー336の位置で交わる。このように、エレメント331および332は第1の脚を形成し、この第1の脚はエレメント333および334により形成される第2の脚の内部にあり、かつこの第2の脚とネスト状をなす。コーナー335および336から離れたコーナーセグメント321および324の直線状の導電性エレメント331および333の端部は、直線状の導電性エレメント338により互いに接続され、レール30に平行に延伸する。

#### 【0071】

図10に示したコイルの端子340および342は、それぞれコーナー・セグメント321および324のエレメント333および338の交点により規定されるコーナーの位置にある。端子340および342は、それぞれキャパシタ48および50を介して確立された直列接続により、接地電位あるいは整合網（図10では図示せず）の出力端子に接続されている。このため、図10に示したコイルの周辺端子は、図1~4および9の各々のコイル構成と比較して、コイルのコーナーから変位している。

#### 【0072】

コーナー・セグメント321および324は、各々が一對の平行な導電性経路を含み、したがってそれぞれコイル出力端子340および342並びにコイルの残りの部分と電氣的に直列にある。この直列の接続は、それぞれがコイルの主要部分から対角線方向の外側に延伸し、かつコーナー335および336から離れたエレメントの端部332および334と電氣的に接続される金属製ストラット

344を介して確立され、コーナー・セグメント321および324の平行な電流経路の確立を補助する。エレメント331および332は、エレメント333および334の等しい長さよりやや短い、ほぼ同じ長さを有する。

#### 【0073】

コーナー・セグメント322および323がコーナー・セグメント321および324とやや異なるのは、コーナー・セグメント322および323の位置には端子がないことである。コーナー・セグメント322および323は、対角線方向で外方に延伸する金属製ストラット346および348により、コイルの残りの部分と電氣的に接続されている。一方、ストラット346は、コーナー335および336から離れた位置にある（コーナー・セグメント322および323の）導体エレメント331および333の端部に接続されている。同様に、金属製ストラット348は、その端部がそれぞれコーナー335および336から離れて位置するコーナー・セグメント322および323の導体エレメント332および334の端部と電氣的に接続されている。

#### 【0074】

導電性のストラット344および348の図10に示したコイルの内部方向の端部は、共にレール30の両側でこれと平行に延伸し、レール28から反対方向に等しい量だけ延伸して離れる直線状導体セグメント350により、互いに接続されている。セグメント350は、図10に示したコイルの外側周辺からは除かれているが、ウィンドウ21～24の周辺の十分近くに位置しており、プラズマの周辺部分に磁束を付加し、かつプラズマおよび被加工物のコーナーから除去された領域の位置でのプラズマ周辺部のプラズマ磁束密度を増加させる。

#### 【0075】

コーナー・セグメント322および323から離れた位置にある導電性のストラット346の内側端部は、共にレール28に平行に延伸する導体セグメント352および354のそれぞれの端部に接続されている。導体セグメント352および354の他端部はそれぞれ、導体セグメント130および132から離れた位置にある導体セグメント141および142の端部に接続されている。コイルの周辺部分にある導体セグメント352および354はそれぞれ、導体セグメン

ト132および134を含むコイルの中間部分のセグメント141および144の端部に接続されている。この導体セグメント132および134の端部はそれぞれ、図4コイルの中間部分が内部部分110に接続されているのと同じ方法で、ストラット230および232によって内部コイル部分110に接続されている。

#### 【0076】

セグメント350は、図10に示したコイルの周辺から内方に位置され、被加工物上に入射するプラズマ磁束密度が、図1の従来技術によるコイルにより達成される密度と比較してより優れた均一性を提供できる。プラズマ磁束密度は、コーナーから除去されたチャンバの周辺部分と比べ、チャンバの周辺コーナーにおいてより低くなる傾向を有する。この影響を低減するため、直線状セグメント350は、外側コイル周辺からセットバックさせる。

#### 【0077】

金属製ストラット344、346および348の各々は、その第1の脚がウィンドウ21~24の面と平行に延伸し、周辺部分321~324の導体セグメント331~334と比べてウィンドウ21~24から実質的に遠くに位置する4つの脚を有する。ストラット344、346および348の各々の残りの3つの脚は、そのストラットの第1の脚と導体セグメント331~334、352および354のうちの対応する一つとの間を鉛直に延伸する。ストラット344、346および348の構成および位置により、これらストラットのプラズマに対する磁束効果を最小限に抑えるようにする。

#### 【0078】

しかし、図10のコイルの導電性セグメントは、周辺部分321~324の導電性セグメントがこのコイルの残りの導体セグメントと比べてウィンドウ21~24のより近傍にあるように、適宜変更が可能であることを理解すべきである。

#### 【0079】

ここで図11を参照すると、本発明によるさらに別のコイルの底面図である。図11のコイルでは、主要コイルを形成する平行な一対の巻線の巻線のコーナー区域にセグメントを追加することによって、被加工物の周辺領域の位置で、より

均一なプラズマ磁束密度が発生する。この追加されたコーナー・セグメントは、各巻線の残りと直列に接続される。各巻線は、コイルの隣接する異なる四半分に位置する一対のコーナー、すなわち、ウィンドウ21～24のうちの隣接するウィンドウの周辺コーナーの位置あるいはこの周辺コーナーの近傍の位置に、この追加されたセグメントの間で直列にある（図2～4および9の短いセグメントと比較して）短い直線状の導電性セグメントを有する。この短い直線状セグメントにより、コーナー・セグメントと直線状セグメントの間のギャップは、図9のコイルのコーナーと直線状セグメントの間のギャップと比べて比較的大きくなっている。当然のことながら、図1～4のコイルには、コーナーと直線状セグメントの間のギャップはない。さらに、主要コイルの直線状セグメントの長さは、実質的に減少し、コーナーとコーナーから除去された短い直線状セグメントとの間のギャップが増大する。図11のコイルは、完全に対称であるということにより特徴付けられ、またコイルの異なる導体セグメントを選択的に使用することにより可撓性が高い。図11のコイルは、一体となってコイルの内部、中間および周辺部分406、408および410を形成する2つの平行な巻線402および404を含む。巻線402は、内部および外部端子412および414を含み、一方巻線404は、内部および外部端子416および418を含む。内部端子412および416は、整合網40の非接地側の出力端子38にケーブル420およびU字形のストラット422により接続され、一方端子414および418は、キャパシタ（すなわち無効インピーダンス）424および426により整合網40の接地された出力端子に接続されている。キャパシタ424および426の値、並びに発生源42の波長に対する巻線402および404の長さは、ピークの定在波電流がほぼコイルの外部部分410の中心で生じるようにする。内部端子412および416は、コイルの中心点428を通ると共に、レール28の中心長軸上を延伸する線に沿った位置とする。外部端子414および418は、コイル中心428から等しく離隔すると共に、レール30の長軸の互いに反対側で対角線上に位置させる。

#### 【0080】

内部コイル部分406は、巻線402の直線状のコイル・セグメント431、



432、433および434を含み、また巻線404の直線状のコイル・セグメント435、436、437および438を含む。コイル・セグメント431、433、435および437は、レール30と平行に延伸し、一方直線状のコイル・セグメント432、434、436および438は、レール・セグメント28と平行に延伸する、このとき各セグメントは、セグメント432がセグメント431と433に交わり、セグメント433と434が交わり、セグメント436がセグメント435と437に交わり、またセグメント437と438が交わるようにする。

#### 【0081】

周辺コイル部分410は、ウィンドウ21、22、23および24のそれぞれのコーナー441、442、443および444の位置に直線状の導電性セグメントを含む。コーナー441～444の各々の位置にある直線状の導電性セグメントの各々は同一であるため、コーナー441に対する直線状の導電性セグメント451～458についてのみ説明してある。

#### 【0082】

直線状の導電性セグメント451～458は、導体セグメント451、453、455および457がレール28と平行に延伸し、また導体セグメント452、454、456および458がレール30と平行に延伸して、4つのネスト状のコーナーを形成する。直線状の導電性セグメント451～458は、続いた番号を付した導電性セグメントが一つの対を形成すると共に、コーナーの位置で隣り合う端部を有するように対の単位で配置させる。導電性セグメント451～458により形成されるコーナーは、コイルの中心点428と交差する線460に沿って整列させる。導電性セグメント451、453、455および457は、その長さがここに示した順で累進的に増大し、また導電性セグメント452、454、456および458は、その長さがここに示した順で累進的に増大する。セグメント451～458の長さは、線460から離間したセグメント451、453、455および457の端部は、レール30から累進的に遠くなり、一方線460から離間したセグメント454、456および458の端部は、レール28から等しく離隔されるが、線460から離間したセグメント452の端部は

、セグメント454、456および458と比べ、レール28からより遠くにある。導体よりなるネスト状配列451～458により、コイル・コーナー441の下プラズマ周辺のコーナーでの磁束密度が(図1のコイルと比較して)かなり増加する。コーナー441～444の各々から発生した磁束密度は、コイルの外部領域の下で最も大きく、コイルの中心に向かうにつれて減少し、これらのコーナーの導電性セグメントにより確立された磁束密度は、長い導電性セグメント457、458の下プラズマ部分内に比べ、短い導電性セグメント451、452の下プラズマ部分内でやや低下する。プラズマ内の磁束密度のこのバラツキによって、このコーナーでのプラズマ磁束密度は、図1の従来技術の場合と比較してより均一になる傾向を有する。

#### 【0083】

周辺コイル部分410はまた、導線性のセグメントの端部471～476がレール28の軸から等しく離隔されるように、レール28の長軸と直角をなして延伸する直線状で同一の長さの導体セグメント471～476を含む。ここでセグメント471～473はレール30に関し端子30と同じ側にあり、またセグメント474～476はレール30に関しこれと反対側にある。周辺コイル部分410はまた、レール30の長軸と直角をなして延伸し且つレール30の長軸から等しく離隔した反対側の端部を有する直線状で同一の長さの導体セグメント481～486を含む。導電性セグメント481～483は、コイル400の、中心点428と端子418の間の側に配置し、また導電性セグメント484～486は、コイル400のこれと反対の側すなわちコイルの中心点428と端子414の間の側に配置する。

#### 【0084】

中間コイル部分408は、等しい長さのコイル・セグメント491および493がレール20に沿ってコイルの中心点428から等距離にあり、かつレール28の長軸と直角をなして延伸し、一方コイル491および493の各々の互いに反対側の端部がレール28の長軸から等しく離隔されるような、直線状のコイル・セグメント491～494を含む。セグメント491および493の各々は、コイル・セグメント471～476と同じ長さを有しており、これにより、直線

状のコイル・セグメント471~476、491および493のすべての端部がレール28の長軸から等距離となる。直線状のコイル・セグメント492および494の各々は、コイル・セグメント481~486と同じ長さを有すると共に、コイル・セグメント492および494の中心が、レール30の長軸と整合し且つコイルの中心点428に対して互いに反対側にあるようにレール30の長軸と直角をなして延伸する。

#### 【0085】

巻線402の導電性セグメントは導電性金属製ストラット501~516によって相互接続され、また巻線404の導電性セグメントは導電性の金属製ストラット521~536によって接続される。導電性セグメントおよびストラットは、平行な巻線402および404の互いに編み合わされた巻線が、内部端子412および416と外部端子414および418との間でスパイラル様の様式で、半径方向および円周方向に延伸するように配置される。ストラット501~516および521~536の各々は、逆U字形を有し、図2~4、9および10のストラットと基本的に同様に製作し、導電性セグメント431~438、451~458、471~476、481~486および491~494から発生した高周波磁場に対し認識しうる影響を及ぼさないようにする。後者の導電性セグメントは、図11に示したコイル内で同一平面上にあるが、その他のコイル周辺の導電性セグメント455~458は導電性セグメントの他のものよりもウィンドウ21~24の近くにある。

#### 【0086】

通常は、巻線402および404にそれぞれの長さは、高周波発生源42から発生した高周波励起周波数の波長の半分より短い。キャパシタ424および426の値、並びに巻線402および404の長さは、(1)ピークの定在波電流が巻線402および404の各々で周辺巻線部分410の中間部で生じるようにし、かつ(2)巻線402および404の内部端子412および416の位置での定在波電流は比較的小さくなるようにする。巻線402および404内で最大の定在波電流を生じる代表的な点は、導電性部分472および475の中心の位置である。内部端子412および416の位置での定在波電圧は比較的高く、外部

端子414および418の位置では比較的低い値にまで減少する。

【0087】

ストラット501～516および521～536内を除く、巻線402および404の導電性セグメント内の瞬時電流の流れは、空間的に隣接する導電性セグメントと同じ方向である。たとえば、導電性セグメント437、491および471～473内の瞬時電流の流れは空間的に同じ方向であり、導電性セグメント433、493および474～476内の瞬時電流の流れとは空間的方向が反対である。各導電性セグメント432、438および484～486内の瞬時電流の流れの空間的方向は同じであり、導電性セグメント434、494および481～483内の瞬時電流の流れとは空間的方向が反対である。同様に、ある特定のコーナーの導電性セグメント451～458内の電流の流れは、常に各瞬時で同じ空間的方向である。図2～4および9～11のコイルのキャパシタ48および50の値、並びに上記の実施の形態の巻線の長さは、2つの平行な巻線内の定在波電流が不変であるようにする。これらのコイルのすべてにおいて、空間的に隣接する導体セグメント内の瞬時電流の流れの空間的方向は同じである。この結果、図2～4および9～11のコイルの空間的に隣接する導電性セグメントから発生した磁束は付加的に、真空チャンバの中心および周辺部分で磁束密度およびプラズマ磁束密度を増加させる。

【0088】

セグメント431～438は、密なピッチをもつ中心コイル部分406を形成し、またセグメント451～458（4つのコーナー441～444のすべての位置にある）、481～486、492および494は、開いたピッチをもつ中間および周辺部分408および410を形成する。中心部分406の巻線は、中間および周辺部分408および410の巻線に接続されると共にこれらの巻線から空間的に離れた位置とし、中心コイル部分406から発生した高周波磁場が、部分408および410を含むコイルの残りの部分から発生した高周波磁場と実質的に磁場相互結合をすることなく有意に自己結合するようにする。

【0089】

これにより、コイル中心部分406によりプラズマの中心に結合された磁束密

度は、コイルの中心部分を適正に設計することにより容易に制御される。図2～4および9～11のコイルでは、コイルの中心部分によりプラズマの中心に供給される磁束密度は、図1のコイルの中心によりプラズマと結合される磁束密度より実質的に大きくなり、図1の従来技術と比較してプラズマの中心でのプラズマ磁束密度を増加させる。

#### 【0090】

図11のコイルから(1)コーナー441～444の各々のセグメント451～454および(2)セグメント476、474、481、484、491～494を省くように変更した場合に、図11のコイルで達成されるエッチングの均一性は図4の3次元コイルで達成される均一性と比較して、2次元平面形式では改善が見られた。この構成では、セグメント434および509は、第1の導電性ストラットにより接続され、セグメント438および529は別の導電性ストラットにより接続され、コイルの中心部分は図2～4、9および10の場合と同じとし、すべてのコイル・セグメントは1/8インチ×1インチの断面を有し、コイル(ストラットを含む)すべての部分は同一平面上にあるようにした。

#### 【0091】

本発明に関し、いくつかの特定の実施形態を説明し図示してきたが、添付の特許請求の範囲で規定する本発明の真の精神および範囲を逸脱することなく、具体的に図示し説明した実施の形態の詳細に変更が加えうることは明白であろう。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

比較的大面積の被加工物用、特にフラット・パネル・ディスプレイ用の真空プラズマ・プロセッサの、4つの自己支持型ウィンドウを組み合わせた、上記の従来技術による実質的に2次元平面のコイルの底面図である。

##### 【図2】

4つの自己支持型ウィンドウを組み合わせた、本発明の実施の一形態による修正型コイルの底面図である。

##### 【図3】

4つの自己支持型ウィンドウを組み合わせた、本発明によるコイルの別の実施

の一形態の底面図である。

【図4】

4つの自己支持型ウィンドウを組み合わせた、本発明によるさらに別のコイルの底面図である。

【図4A】

図4に示したコイルの一部分の側面図である。

【図4B】

図4に示したコイルの一部分の側面図である。

【図5】

図1～4に示したコイルに対する、プラズマ磁束密度对被加工物の位置の関数を表す一連のプロットを含む図である。

【図5A】

それぞれ、図1および4に示したコイルにより励起された、2つのフラット・パネル用ガラス基板に対するシリコンのエッチング速度の2次元のプロットを示した図である。

【図5B】

それぞれ、図1および4に示したコイルにより励起された、2つのフラット・パネル用ガラス基板に対するシリコンのエッチング速度の2次元のプロットを示した図である。

【図6】

図4のコイルを含む真空プラズマ・プロセッサであって、そのプロセッサ部分がウィンドウを含むプラズマ・プロセッサ内の被加工物を透過させて、図7の線6-6から見上げた図である。

【図7】

図6に示す真空プラズマ・プロセッサの内部の側面図である。

【図8】

図6および7に示すプロセッサを、図7の線8-8から見下ろした図である。

【図9】

各コイルが主要コイル部分に接続された一連のセグメントを含む、本発明によ

る2種類のコイルの別の実施の形態を示す図である。

【図10】

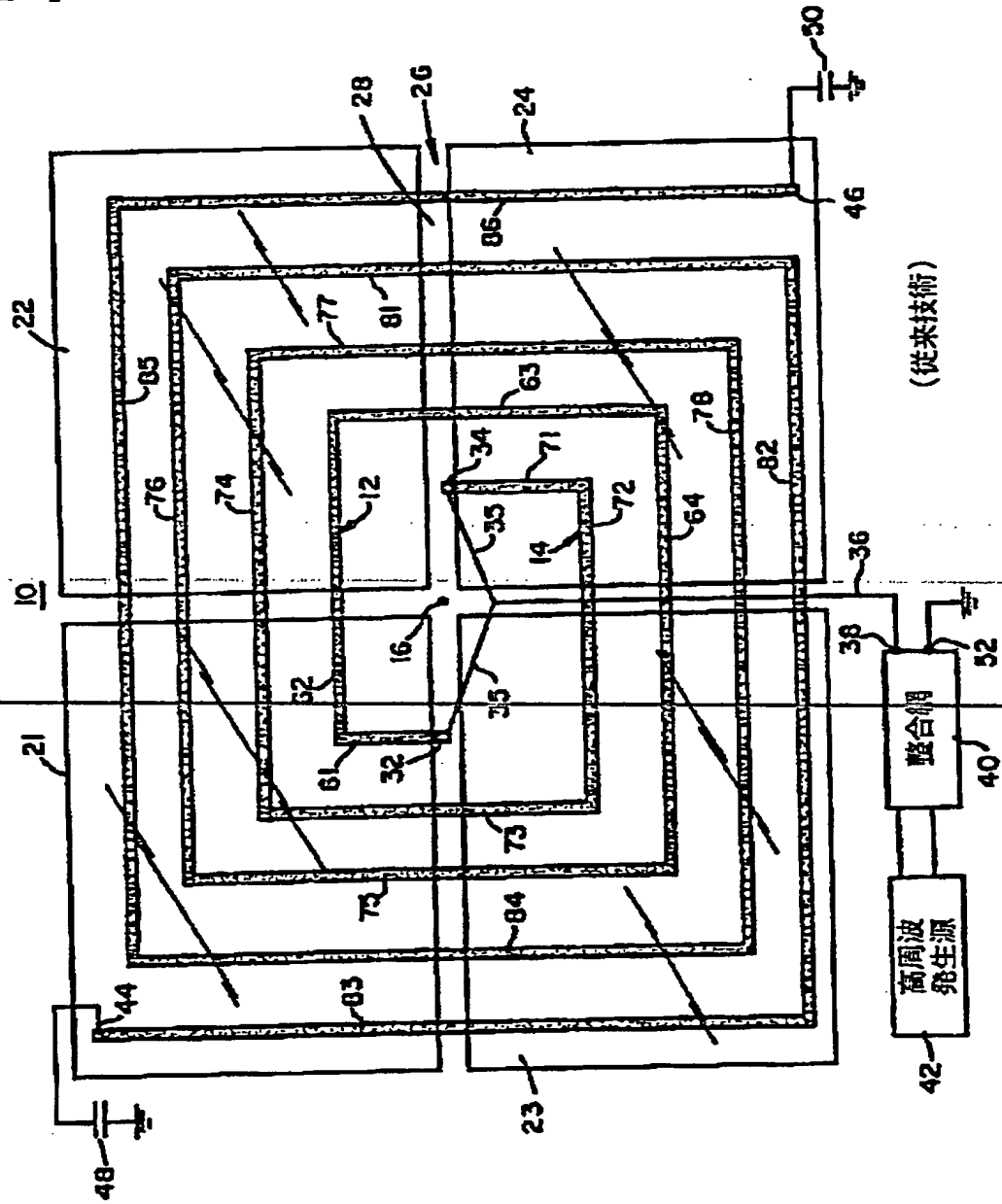
各コイルが主要コイル部分に接続された一連のセグメントを含む、本発明による2種類のコイルの別の実施の形態を示す図である。

【図11】

本発明によるいくつかのネスト状の導線性コーナー・セグメントを含む別のコイルの上面図である。

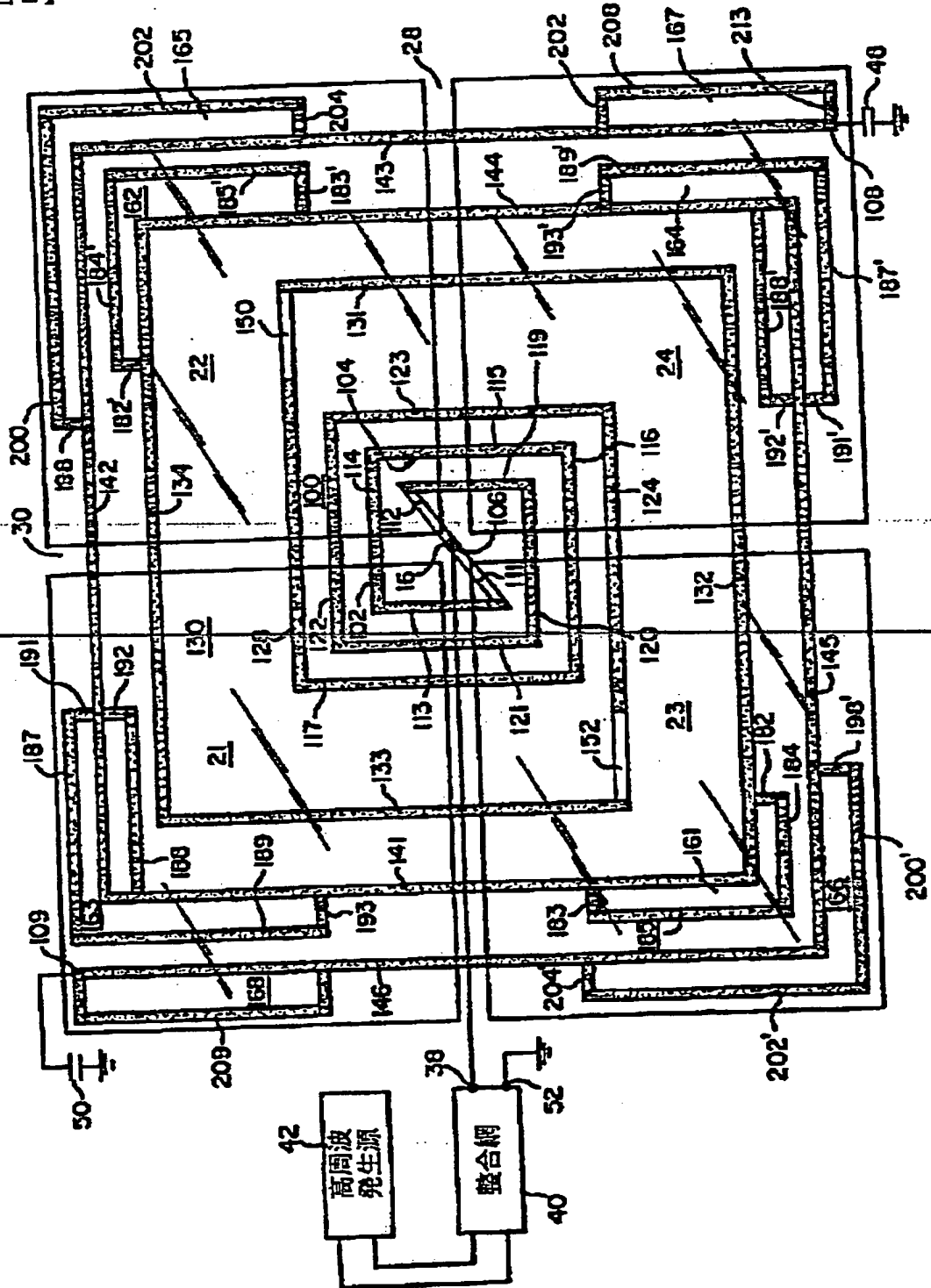
---

【図1】



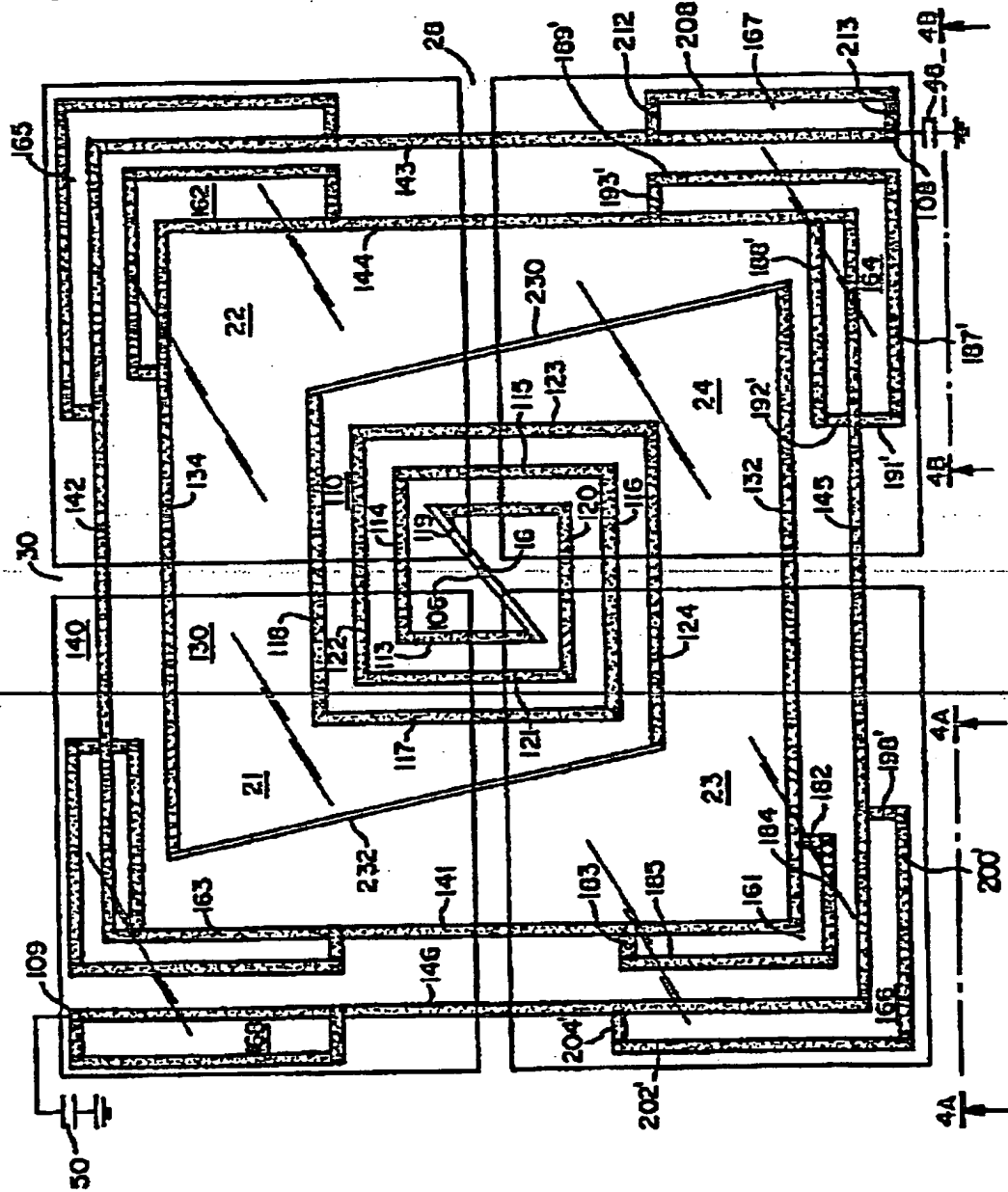


【図2】

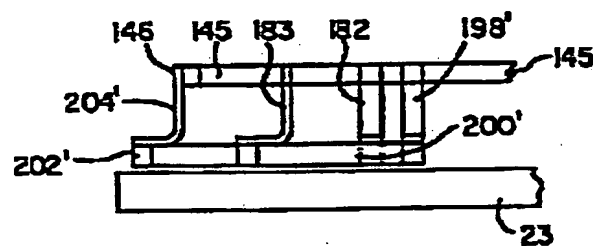




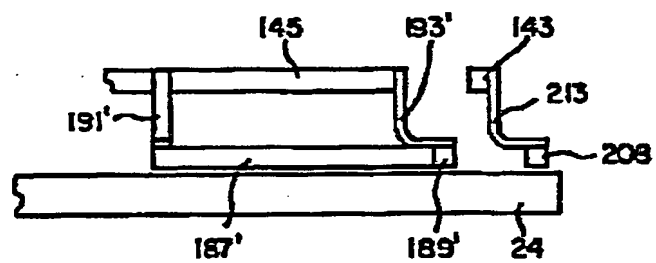
【図 4】



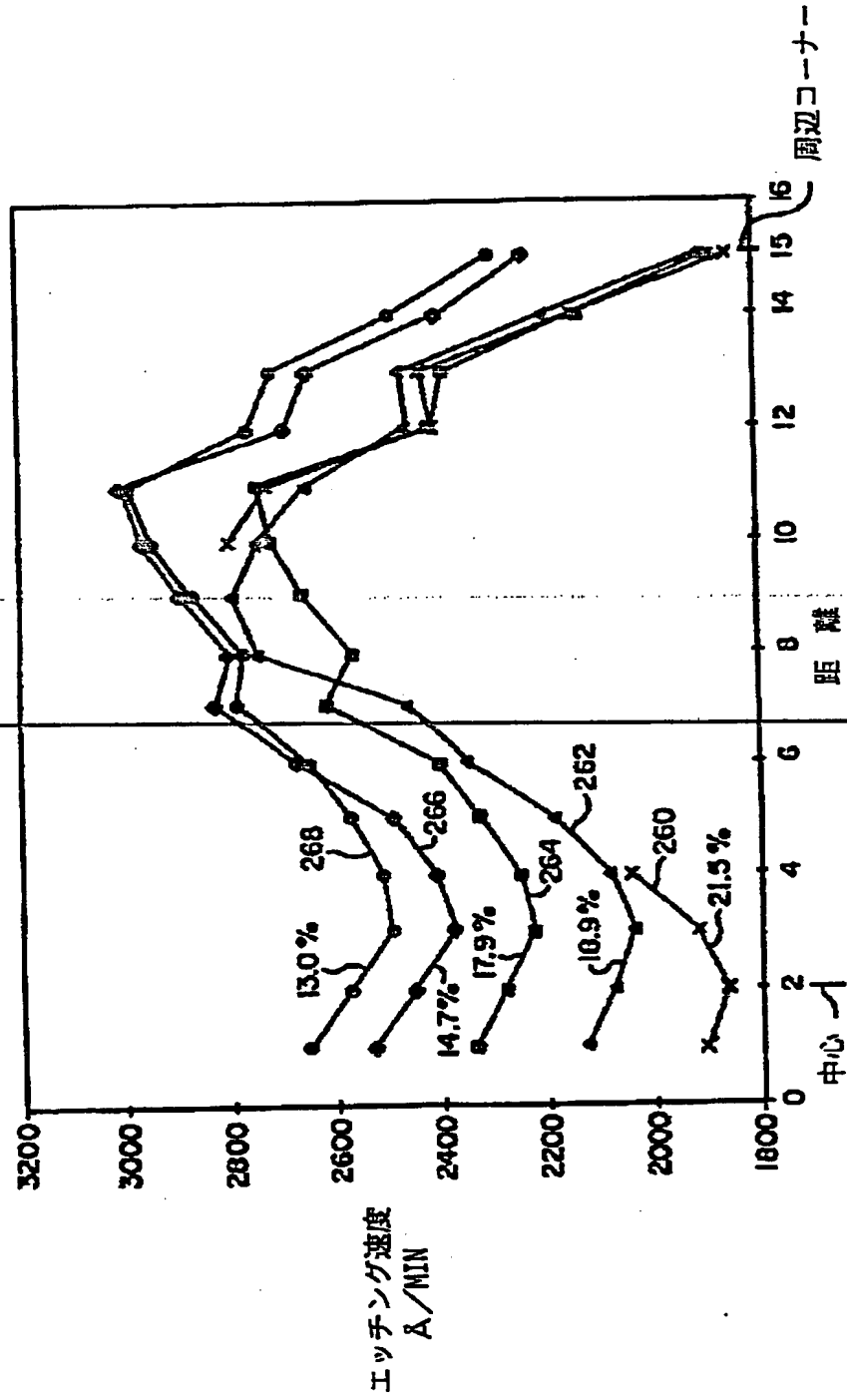
【図 4 A】



【図4B】



【図5】



【図5A】

600×720 mmの基板に対するシリコン・エッチング速度計測値  
 (パネルの内部では等間隔で、エッジではパネルのエッジから15 mmの範囲内で計測)

図1のコイル									
エッチング速度, Å/min									
600 mm									
1313	1563	1800	1950	1930	1650	1400	平均	1791	
1695	1989	2000	2045	1919	1831	1700	最大	2071	
1923	1904	1621	1522	1600	1849	1802	最小	1313	
1789	2071	2023	2033	2026	2031	1432	範囲	758	
							均一からのバラツキ	21%	

600 mm

720 mm

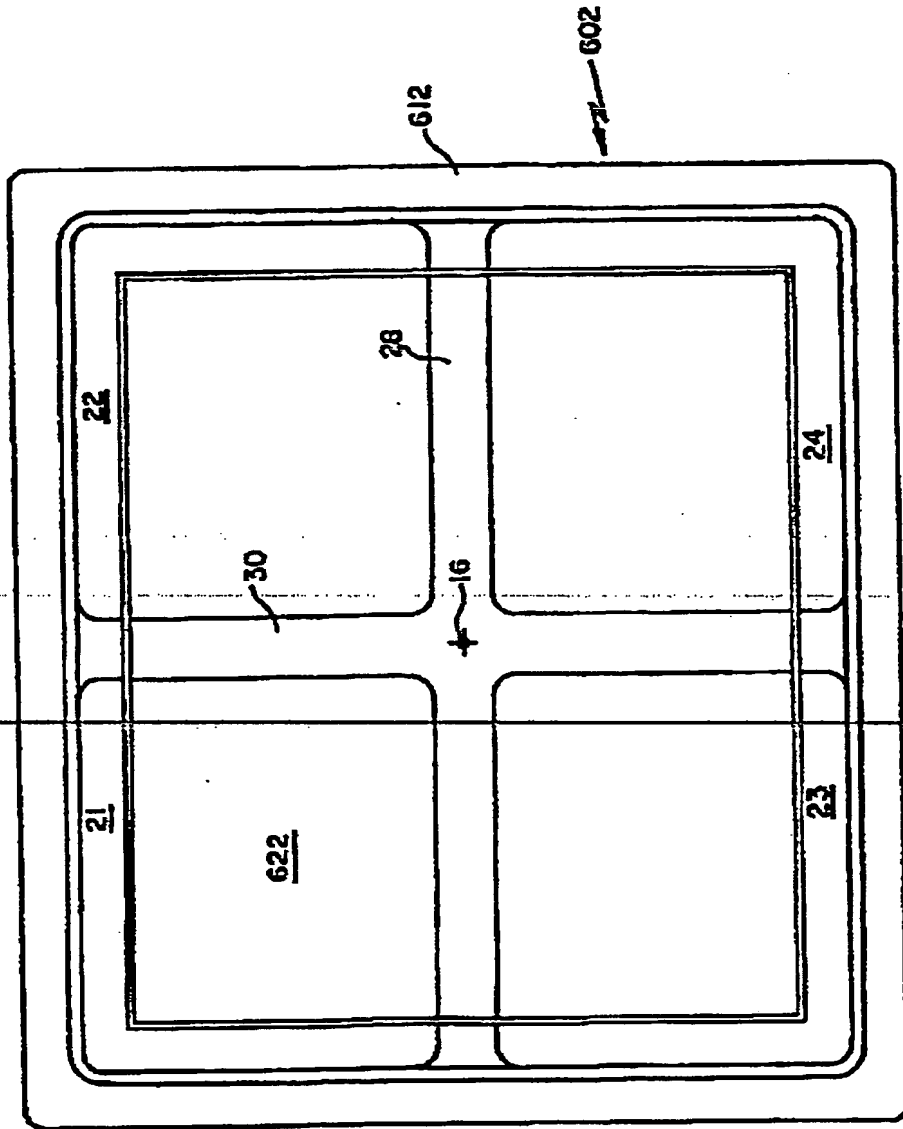
【図5B】

600×720mmの基板に対するシリコン・エッチング速度計測値  
 (パネルの内部では等間隔で、エッジではパネルのエッジから15mmの範囲内で計測)

図4のコイル									
エッチング速度, Å/min									
平均									
最大									
最小									
範囲									
均一からのバラツキ									
1450	1663	1696	1752	1762	1678	1406	600 mm		
1686	1700	1611	1724	1645	1712	1689	720 mm		
1695	1629	1560	1649	1591	1710	1751			
1517	1585	1578	1755	1668	1765	1693			
1490	1513	1570	1658	1673	1646	1396			

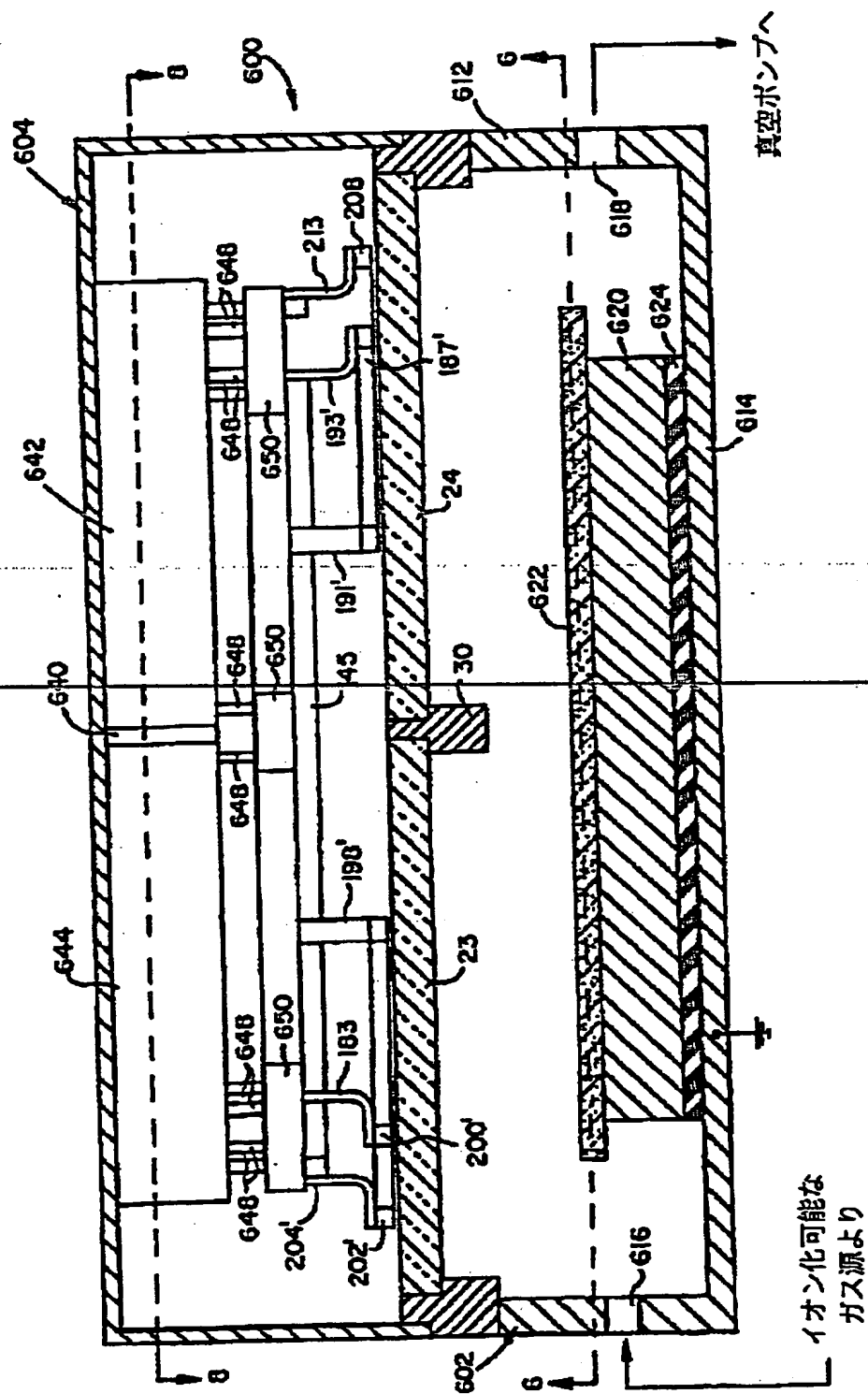
平均 1634  
 最大 1765  
 最小 1396  
 範囲 369  
 均一からのバラツキ 11%

【図6】

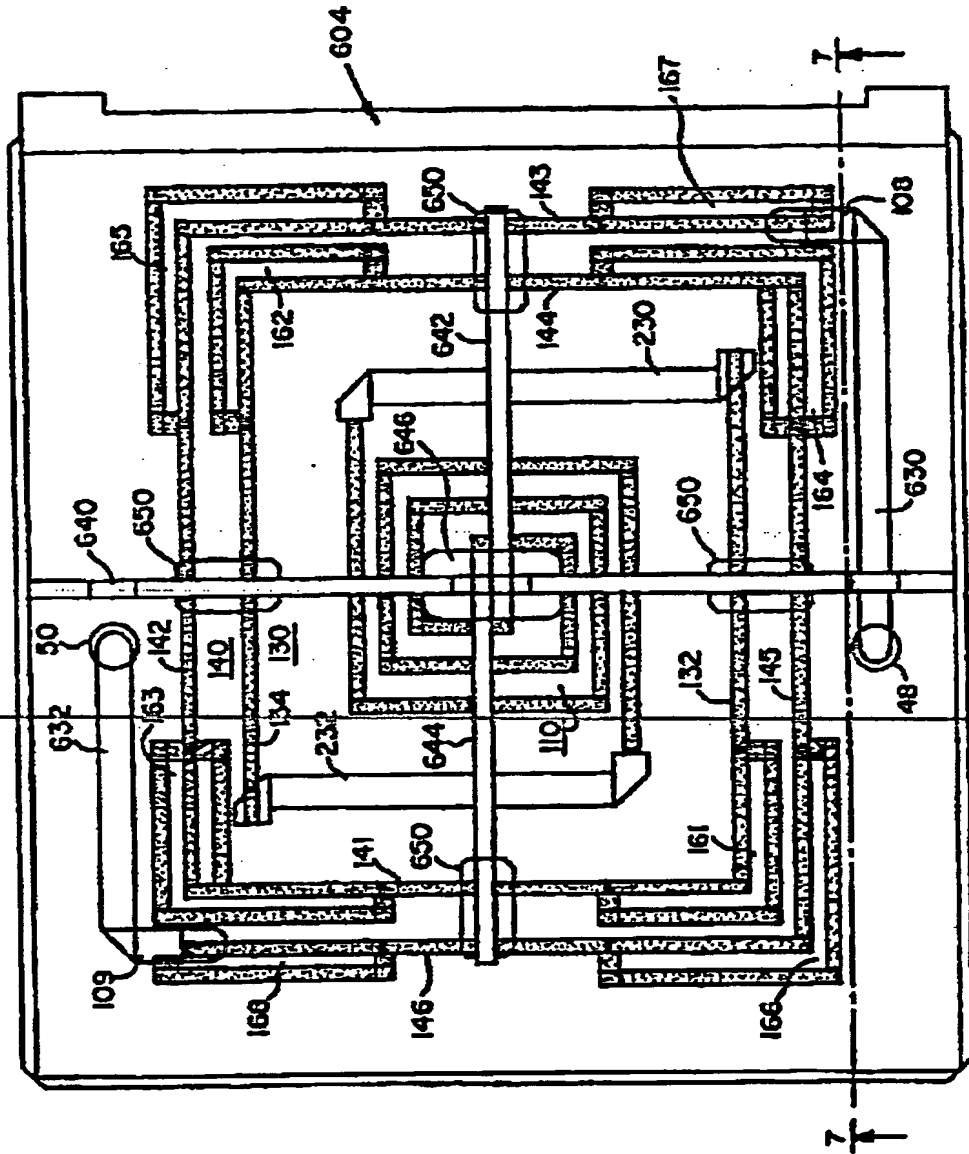




【図7】



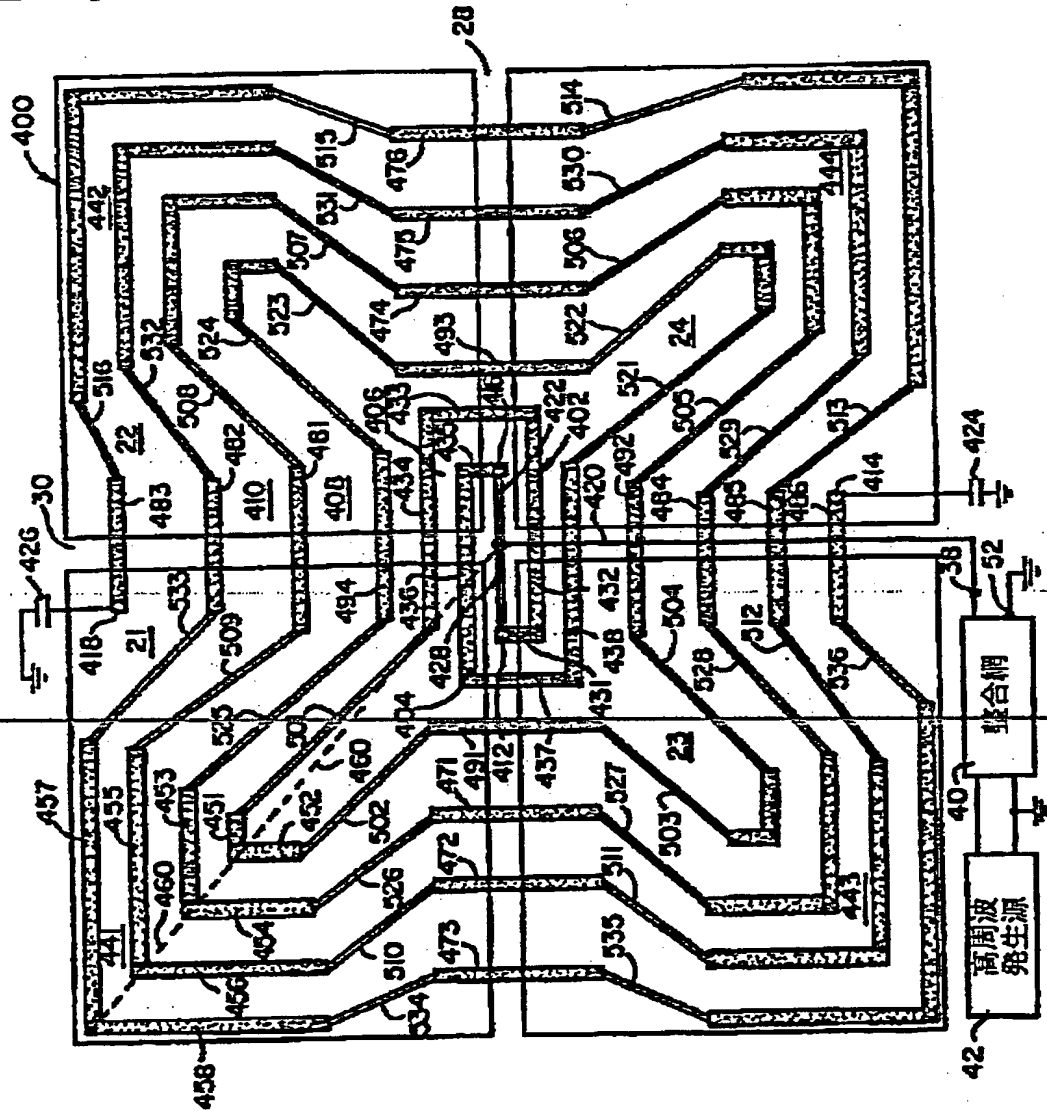
【図8】







【図11】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.  
PCT/US 98/19122A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01J37/32 H05H1/45

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01J H05H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	EP 0 807 953 A (APPLIED MATERIALS INC) 19 November 1997 see the whole document	1-70
E	EP 0 813 227 A (LAM RES CORP) 17 December 1997 see the whole document	1-70
X	WO 97 08734 A (APPLIED MATERIALS INC) 6 March 1997 see the whole document	1-70
X	EP 0 756 309 A (APPLIED MATERIALS INC) 29 January 1997 see the whole document	1-70

-/-

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 April 1999

Date of mailing of the international search report

14/04/1999

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.O. Box 5318 Patentkanal 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tlx 31 651 epo nl  
Fax (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Bergado Colina, J

Form PCT/ISA216 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Int. Search Application No.  
PCT/US 98/19122

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim no.
X	EP 0 759 632 A (TOKYO ELECTRON LTD) 26 February 1997 see the whole document	1-70
X	EP 0 789 138 A (APPLIED MATERIALS INC) 6 August 1997 see the whole document	1-70
X	US 5 578 165 A (BOSE FRANK ET AL) 26 November 1996 see the whole document	1-70
X	EP 0 607 797 A (IBM) 27 July 1994 see the whole document	1-70
X	EP 0 553 704 A (IBM) 4 August 1993 see the whole document	1-70
X	EP 0 727 807 A (APPLIED MATERIALS INC) 21 August 1996 see the whole document	1-70
X	EP 0 710 055 A (APPLIED MATERIALS INC) 1 May 1996 see the whole document	1-70
X	WO 95 15672 A (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND) 8 June 1995 see the whole document	1-70
X	EP 0 694 949 A (APPLIED MATERIALS INC) 31 January 1996 see the whole document	1-70
X	WO 96 18208 A (LAM RES CORP) 13 June 1996 see the whole document	1-70

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/US 98/19122

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0807953 A	19-11-1997	JP 10092598 A	10-04-1998
EP 0813227 A	17-12-1997	US 5759280 A	02-06-1998
		US 5800619 A	01-09-1998
		CA 2207154 A	10-12-1997
		JP 10125497 A	15-05-1998
WO 9708734 A	06-03-1997	EP 0847591 A	17-06-1998
EP 0756309 A	29-01-1997	JP 9120898 A	06-05-1997
EP 0759632 A	26-02-1997	JP 9069399 A	11-03-1997
		JP 9115895 A	02-05-1997
		US 5716451 A	10-02-1998
		JP 10074735 A	17-03-1998
EP 0788138 A	06-08-1997	US 5777289 A	07-07-1998
		JP 10027785 A	27-01-1998
		US 5779926 A	14-07-1998
US 5578165 A	25-11-1996	US 5401350 A	28-03-1995
EP 0507797 A	27-07-1994	US 5433812 A	18-07-1995
		DE 69403816 D	24-07-1997
		DE 69403816 T	15-01-1998
		JP 2610100 B	14-05-1997
		JP 8153702 A	11-06-1996
		US 5622635 A	22-04-1997
EP 0553704 A	04-08-1993	US 5200154 A	10-01-1994
		DE 69302029 D	09-05-1996
		DE 69302029 T	24-10-1996
		JP 1969704 C	18-09-1995
		JP 5275383 A	22-10-1993
		JP 6080641 B	12-10-1994
EP 0727807 A	21-08-1996	US 5753044 A	19-05-1998
		JP 8321490 A	03-12-1996
		US 5779926 A	14-07-1998
		US 5777289 A	07-07-1998
EP 0710055 A	01-05-1996	JP 8227878 A	03-09-1996
WD 9515672 A	08-06-1995	NONE	
EP 0694949 A	31-01-1996	US 5540324 A	30-07-1996
		JP 8213196 A	20-03-1996
WD 9618208 A	13-06-1996	US 5589737 A	31-12-1996
		AU 4373796 A	26-06-1996
		CA 2205679 A	13-05-1996
		CN 1183853 A	03-05-1998
		EP 0793855 A	10-09-1997

Form PCT/ISA210 (patent family annex) July 1992



## フロントページの続き

(72) 発明者 アレックス・デモス

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

94583、サンフランシスコ、タウンゼント

ストリート 2、アパートメント #2

-1204

Fターム(参考) 5F004 AA01 BA20 BB11 BB18 BB22

BC08

5F045 AA08 AE01 BB02 DP04 EH04

EH11 EM05

## 【要約の続き】

グメントは、(1) コイルの残りの部分と同一平面上にあり、かつ(2) コイルの残りの部分よりもプラズマの近傍にある。このコイルは、それぞれが整合網の出力端子の1つと接続される内部端子と、整合網の別の出力端子にキャパシタを介して接続される出力端子とを有する、2つの電氣的に並列なスパイラル様の巻線を含む。このキャパシタの値、並びにこの巻線のプラズマ高周波励起周波数に対する長さは、このコイル内を流れる電流がそれぞれ周辺および内部コイル部分で最大および最小の定在波値をとるようにする。このコイルおよび被加工物の周辺は同じ矩形の寸法および形状を有する。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

